ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE
ANNÉE 1984 N° 37

# VALORISATION DU SANG EN ALIMENTATION ANIMALE

## THÈSE

**POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE**
**DIPLÔME D'ÉTAT**

*présentée et soutenue publiquement en 1984*
*devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**Didier, Jacques GAYMAY**
*Né le 26 Août 1957 à AUXI - LE - CHATEAU (Pas - de - Calais)*

Jury :

Président : M. ROUX
Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs : M. GRIESS
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

M. LABIE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Association des Élèves
E. N. V. T.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547621_0023

ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE
ANNEE 1984 N° 37

# VALORISATION DU SANG EN ALIMENTATION ANIMALE

## THÈSE

**POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE**
**DIPLÔME D'ÉTAT**

*présentée et soutenue publiquement en 1984*
*devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*
*par*

**Didier, Jacques GAYMAY**
*Né le 26 Août 1957 à AUXI - LE - CHATEAU (Pas - de - Calais)*

Jury :

Président : M. ROUX
Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs :
M. GRIESS
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
M. LABIE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Association des Elèves
E. N. V. T.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

# ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur ..... M. LAUTIE
Directeur honoraire ..... M. FLORIO
Professeurs honoraires ..... MM. BRIZARD
SAURAT
GODFRAIN

## PERSONNEL ENSEIGNANT

### CHAIRE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE

Professeur titulaire ..... Mme BURGAT-SACAZE
Maître-Assistant ..... M. PETIT

Pharmacie et Toxicologie

### CHAIRE DE PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Professeur titulaire ..... MM. RICO
Professeur sans chaire ..... BRAUN
Maître-Assistant agrégé ..... BENARD

Physique biologique et médicale
Chimie biologique et médicale
Informatique biologique et médicale

### CHAIRE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

Professeur titulaire ..... MM. PAVAUX
Maître-Assistant Agrégé ..... LIGNEREUX
Maître-Assistant Agrégé ..... SAUTET

Organogénèse – Tératologie
Anatomie générale – Anatomie appliquée

### CHAIRE DE PHYSIOLOGIE, PHARMACODYNAMIE ET THERAPEUTIQUE

Professeur titulaire ..... MM. RUCKEBUSCH
Professeur sans chaire ..... FARGEAS
Maître-Assistant Agrégé ..... TOUTAIN

Physiologie – Pharmacodynamie
Thérapeutique

### CHAIRE D'HISTOLOGIE – ANATOMIE PATHOLOGIQUE

Professeur titulaire ..... MM. VAN HAVERBEKE
Professeur sans chaire ..... CABANIE
Maître-Assistant Agrégé ..... MAGNOL

Histologie – Embryologie
Anatomie Pathologique – Clinique

### CHAIRE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE

Professeur titulaire ..... MM. LABIE
Maître de conférences ..... EECKHOUTTE
Maître-Assistant Agrégé ..... Mme BENARD

Hygiène, Inspection, Contrôle et
Technologie des denrées alimentaires
d'origine animale – Clinique

### CHAIRE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES

Professeur titulaire ..... MM. DORCHIES
Maître de Conférences ..... FRANC
Maître-Assistant Agrégé ..... DUCOS DE LAHITTE

Zoologie appliquée – Ecologie
Parasitologie externe – Dermatologie
Parasitologie interne – Clinique

### CHAIRE DE SEMIOLOGIE ET PATHOLOGIE MEDICALE DES EQUIDES ET CARNIVORES ET DE LEGISLATION

Professeur titulaire ..... MM. LESCURE
Maître de Conférences ..... GUELFI
Maître-Assistant agrégé ..... REGNIER

Sémiologie et Pathologie Médicale des
Equidés et Carnivores
Législation Vétérinaire et Déontologie Clinique

### CHAIRE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR

Professeur titulaire ..... MM. TOURNUT
Maître de Conférences ..... BEZILLE
Maître-Assistant ..... JOUGLAR

Sémiologie et Pathologie Médicale
du Bétail et des animaux de basse-cour
Clinique – Consultation itinérante

### CHAIRE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE

Professeur titulaire ..... MM. CAZIEUX
Maître de Conférences ..... GENEVOIS
Maître-Assistant Agrégé ..... AUTEFAGE
Maître Assistant ..... FAYOLLE

Propédeutique et Sémiologie chirurgicale
Radiologie – Technique chirurgicale
Anesthésiologie – Pathologie chirurgicale
Traumatologie – Podologie orthopédique – Clinique

### CHAIRE DE PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION

Professeur titulaire ..... MM. FERNEY
Professeur sans chaire ..... ROYAL
Maître-Assistant ..... BERTHELOT

Pathologie de l'appareil génital et de la mamelle
Sémiologie et propédeutique
Pathologie de la Reproduction
Obstétrique et pathologie du nouveau-né
Clinique – Consultation itinérante

### CHAIRE DE MALADIES CONTAGIEUSES – ZOONOSES LEGISLATION SANITAIRE

Professeur titulaire ..... MM. CHANTAL
Maître-Assistant ..... PICAVET
Maître-Assistant ..... LACHERETZ

Epidémiologie – Maladie Contagieuses
Zoonoses – Législation sanitaire – Clinique

### CHAIRE DE PATHOLOGIE GENERALE – MICROBIOLOGIE – IMMUNOLOGIE

Professeur titulaire ..... MM. LAUTIE
Maître de Conférences ..... EUZEBY
Maître-Assistant ..... MILON

Microbiologie – Immunologie
Pathologie Générale

### CHAIRE D'ELEVAGE ET ECONOMIE

Professeur titulaire ..... MM. QUEINNEC
Professeur sans chaire ..... DARRE
Maître-Assistant ..... Mme QUEINNEC

Ethnologie – Génétique animale
Extérieur – Zootechnie et économie générales
Ethologie appliquée, Sciences, Techniques
Economie de l'Elevage et des Productions animales
Insémination artificielle – Organisation de l'Elevage

### CHAIRE D'ALIMENTATION

Professeur titulaire ..... MM. FALIU
Professeur sans chaire ..... GRIESS
Maître-Assistant ..... ENJALBERT

Botanique appliquée et bromatologie
Agronomie – Alimentation

### CHARGES D'ENSEIGNEMENT

MM. les Professeurs ANGELIER, ARMENGAUD, COMBES, COMBRET, CROS, FERNET et MAZENC.

---

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (délibération de la Faculté en date du 10 Mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 Juin 1924.

A MES PARENTS

A MES AMIS

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur ROUX,
de l'Université Paul Sabatier de Toulouse

*Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre thèse.*

*Hommage respectueux.*

**A NOTRE JURY DE THESE**

**Monsieur le Professeur GRIESS,**
**de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse**

*Qui a bien voulu nous proposer ce sujet de thèse.*

*En témoignage de notre gratitude et notre profond respect.*

**Monsieur le Professeur LABIE,**
**de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse**

*Que nous remercions vivement d'accepter de participer à notre jury de thèse.*

*Hommage respectueux*

# P L A N


INTRODUCTION ..... p. 1

Première Partie : GENERALITES ..... p. 3

I. - PRODUCTION ET RECOLTE DE SANG ..... p. 3

1. - Disponibilité théorique ..... p. 3
   a) Importance de l'activité de l'abattoir
   b) Volume de sang récupérable
2. - Disponibilité réelle ..... p. 5

II. - CARACTERISTIQUES DU SANG ..... p. 6

1. - Caractères physique et chimique ..... p. 6
2. - Coagulation ..... p. 7
3. - Charge microbienne - Biodégradabilité ..... p. 7
4. - Charge polluante ..... p. 8
   a) Mesures utilisées pour caractériser la charge résiduaire des eaux usées d'abattoir
   b) Demande chimique en oxygène (D.C.O.)
   c) Demande biologique en oxygène (D.B.O.)
   d) Relation entre D.C.O. et $D.B.O._5$
   e) Pollution due au sang
   f) Dépollution et taxation
5. - Composition - Valeur alimentaire ..... p. 11

III. - VALORISATION DU SANG ..... p. 15

1. - Organismes concernés ..... p. 15
2. - Aspects réglementaires ..... p. 15
   a) Réglementation du Ministère de l'Environnement
   b) Réglementation du Ministère de la Consommation
      α) Utilisation des additifs
      β) Matériaux et objets au contact des denrées destinées à l'alimentation de l'homme et des animaux
   c) Réglementation du Ministère de l'Agriculture
      α) Directive communautaire
      β) Arrêté ministériel du 25 août 1972
      γ) Loi n° 75-1336 du 31 décembre 1975
   d) Utilisation réglementaire du sang
3. - Valorisation actuelle du sang ..... p. 21

Deuxième Partie : RECOLTE ET TRAITEMENT DU SANG ..... p. 25

I. - RECOLTE ..... p. 25

1. - Problèmes posés par la récolte du sang ..... p. 25
2. - Les matériels de collecte ..... p. 26

II. - TECHNIQUES DE TRAITEMENT..... p. 32

A. - TRAITEMENTS ENVISAGEABLES..... p. 32

1. - La séparation ou concentration..... p. 32
2. - La décoloration..... p. 32
3. - La conservation par le froid..... p. 32
4. - La déshydratation du sang..... p. 32

B. - TRAITEMENT DU SANG ALIMENTAIRE..... p. 33

1. - Centrifugation..... p. 33
2. - Congélation..... p. 35
   a) Congélation en pains
   b) Congélation en paillettes
3. - Concentration sur membranes : U.F. et O.I..... p. 35
4. - Décoloration enzymatique..... p. 37

C. - TRAITEMENT DU SANG INDUSTRIEL..... p. 37

1. - Déshydratation en vue de l'obtention de farines..... p. 37
   a) Cuiseur en voie sèche de type discontinu
   b) Atomisation
   c) Les sécheurs à cylindre
   d) Déshydratation mécanique avant séchage
   e) Le traitement par micro-ondes
2. - Obtention de produit à humidité élevée..... p. 44
   a) Procédé Valori 5
   b) Procédé Ensillac ou A.B.C.
   c) Autres traitements

Troisième Partie : UTILISATION DU SANG EN ALIMENTATION ANIMALE.... p. 49

I. - ANALYSES ET CONTROLE DES FARINES DE SANG..... p. 49

1. - Morphologie..... p. 49
2. - Composition chimique..... p. 50
3. - Valeur nutritive..... p. 54
   a) Aminogramme
   b) Digestibilité
   c) Valeur biologique
   d) Disponibilité des acides aminés
4. - Caractères microbiologiques..... p. 64

II. - UTILISATION EN ALIMENTATION PORCINE..... p. 66

1. - Les farines de sang..... p. 66
2. - Le sang Valori 5..... p. 70
3. - Le sang Ensillac..... p. 75

III. - UTILISATION CHEZ LES VOLAILLES..... p. 77

IV. - UTILISATION CHEZ LES RUMINANTS..... p. 80

V. - UTILISATION CHEZ LES POISSONS..... p. 82

VI. - UTILISATION CHEZ LES ANIMAUX DE COMPAGNIE..... p. 83

VII. - DISCUSSION ECONOMIQUE..... p. 85

1. - Estimation du coût de mise en oeuvre de quelques procédés..... p. 85
   a) Coût du transport
   b) Coût de la collecte et du stockage
   c) Coût de la centrifugation
   d) Coût du séchage en cuiseur
   e) Coût du séchage sur cylindre
   f) Coût du sang Valori 5
   g) Coût du traitement du sang Ensillac (Procédé A.B.C.)
2. - Prix d'intérêt du sang en alimentation animale..... p. 88
   a) Introduction de farine de sang dans une farine
   b) Sang Valori 5
   c) Sang Ensillac (Procédé A.B.C.)

CONCLUSION..... p. 93

ANNEXES..... p. 95

BIBLIOGRAPHIE..... p. 101

# - INTRODUCTION -

Les habitudes alimentaires des pays développés conduisent à une augmentation croissante de la demande en protéine animale. En France, la consommation de viande par habitant a été multipliée par 1,5 entre 1960 et 1979, pour atteindre une consommation de 104 kg par an par habitant. Pour satisfaire à cette demande constante, notre élevage a importé en 1980 environ 3,4 millions de tonnes de tourteau de soja. Cette importation de tourteau est la cause principale du déficit de la balance commerciale française en ce qui concerne l'alimentation animale (déficit de 2 milliards en 1980).

L'élevage français est donc tributaire du soja. Notre approvisionnement s'effectue surtout à partir des U.S.A. (40 %) et du Brésil (42 %). La crise du soja (aléas climatiques de 1973), le bon vouloir des producteurs, le contexte politique, la crise économique actuelle, la flambée du dollar remettent à l'ordre du jour le problème de notre dépendance protéique.

Dans le cadre d'un plan d'action prioritaire "plan protéine" établit en accord avec la C.E.E. en 1976 et renforcé en 1978, le gouvernement français incite la recherche en faveur des sources protéiques moins classiques. L'objectif pour 1985 est de réduire la dépendance de la France en matières premières riches en protéines de 80 à 65 %. Ce plan a pour but de mieux utiliser les sources protéiques disponibles et d'en produire davantage. Ceci peut s'effectuer :

- par la sélection de céréales plus riches en matières protéiques brutes,
- par le développement de la culture
  - des plantes oléagineuses : ( - colza (400.000 ha en 1979/80),
    ( - tournesol
    ( - soja
  - des plantes protéagineuses : ( - pois fourrager et protéagineux,
    ( - féverolle
    ( - lupin
- par l'intensification des cultures fourragères,
- grâce aux organismes uni et pluricellulaires cultivés sur les résidus d'industries,

- par la production d'acides aminés de synthèse,
- par une véritable récupération des sous-produits industriels et notamment de l'agro-alimentaire.

Dans un contexte économique mondial critique, et face à la rigueur croissante des normes hygiéniques et sanitaires imposées par une intensification de la lutte contre la pollution, les sous-produits industriels ne doivent plus être négligés, mais considérés comme des produits à part entière. On constate en France une très incomplète récupération du sang des abattoirs, alors que ce liquide organique est un produit de haute valeur biologique et que sa récolte systématique et rationnelle permettrait l'obtention d'un produit riche en protéine utilisable en alimentation animale.

Nous étudierons tout d'abord le volume de sang disponible ainsi que les raisons et l'intérêt de sa récolte. Puis nous envisagerons les problèmes posés par la récolte proprement dite et les techniques de traitement du sang. Enfin, nous exposerons l'utilisation des dérivés du sang en alimentation animale.

## Première Partie

## - G E N E R A L I T E S -

### I. - PRODUCTION ET RECOLTE DE SANG

#### 1. - Disponibilité théorique

##### a) Importance de l'activité de l'abattoir

La production de sang est directement dépendante des abattages. L'évolution du tonnage de carcasses préparées dans les abattoirs français est la suivante.

Tableau 1

Poids des abattages contrôlés des viandes
(en milliers de tonnes) (35)

| | Gros bovins | Veaux | Porcins | Ovins-Caprins | Equidés | TOTAUX |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1968 | 1.153 | 357 | 948 | 107 | 75 | 2.640 |
| 1975 | 1.377 | 315 | 1.203 | 130 | 49 | 3.074 |
| 1976 | 1.416 | 331 | 1.232 | 145 | 47 | 3.171 |
| 1977 | 1.270 | 333 | 1.267 | 144 | 46 | 3.061 |
| 1978 | 1.268 | 343 | 1.337 | 148 | 44 | 3.140 |
| 1979 | 1.415 | 359 | 1.399 | 157 | 41 | 3.371 |
| 1980 | 1.436 | 350 | 1.411 | 172 | 36 | 3.405 |

A ce tonnage, il faut ajouter celui des volailles et des lapins :

Tableau 2

Abattages comparés de volailles et lapins
(en tonnes) (2, 35)

| | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|---|---|---|---|---|---|
| Volailles | 632.088 | 666.306 | 722.218 | 809.023 | 919.032 |
| Lapins | 37.458 | 37.392 | 38.455 | 42.610 | 46.479 |

b) Volume de sang récupérable

Le volume de sang circulant varie en fonction de l'espèce, de la race, de la taille, de l'âge et des conditions de vie de l'animal. Cette quantité peut être estimée entre 1/12e et 1/15e du poids vif de l'animal.

La quantité de sang émise lors de l'abattage varie avec l'état physiologique de l'animal au moment de l'abattage (conditions d'entretien avant l'abattage : fatigue, surmenage, abreuvement, état de jeûne), mais aussi avec les techniques d'abattage (saignée en position horizontale ou verticale, saignée préthoracique ou rétromaxillaire). D'autres paramètres, tels que la qualité de l'anesthésie, la précocité de la saignée, sont aussi importants. L'égouttage correspond à l'écoulement du sang par gravité après les battements cardiaques et ne présente pas un grand intérêt pour une récupération sanitaire et hygiénique (quantité inférieure à 10 % du volume sanguin émis).

Le volume de sang récupéré est aussi déterminé par l'économie de l'abattage. En effet, la cadence d'abattage, la qualité et les effectifs du personnel déterminent la durée pendant laquelle le sang peut effectivement être récolté.

Les volumes de sang récupérable sont donc :

Tableau 3

Production moyenne de sang par animal
(2, 3, 6, 40, 42, 47)

| | |
|---|---|
| Chevaux | 23 l |
| Gros bovins | 20 l |
| Veaux - Porcs | 4,5 - 5 l |
| Ovins - Caprins | 2 l |
| Lapins de 1,2 kg de carcasse | 0,115 l |
| Dindes de 3 kg de carcasse | 0,115 l |
| Poulets de 1 kg de carcasse | 0,060 l |

La quantité de sang pratiquement récupérable au cours de la saignée et de l'égouttage ne dépasse pas 1/30e du poids vif. On peut estimer à 5 % du poids de carcasse la quantité correspondant à une récolte hygiénique.

Tableau 4

Litrage moyen récupérable de façon hygiénique
(3, 6, 40, 42, 47)

| | Litrage par tonne de carcasse | Litrage par animal |
|---|---|---|
| Chevaux | 50 | 17 |
| Gros bovins | 50 | 15 |
| Veaux | 35 | 3,5 |
| Porcs | 50 | 3,5 |
| Ovins-Caprins | 83 | 1,5 |

2. - Disponibilité réelle

La quantité de sang récupérée en France, toutes espèces confondues, était en 1965 de l'ordre de 50.000 tonnes alors que la production pouvait être estimée à 130.000 tonnes. Compte tenu des équipements réalisés dans les abattoirs au cours des dernières années (établissements classés, incitation des agences financières de bassin, lutte contre la pollution des eaux), on estime actuellement la quantité de sang récupéré à environ 80.000 tonnes pour une production voisine de 200.000 tonnes. On constate donc une augmentation en valeur absolue de la quantité récupérée, mais en valeur relative aucune augmentation n'est remarquée. En 1965, 38 % du sang était récupéré et actuellement, la récupération s'élève à 40 %. Il apparaît donc que 60 % du sang est soit rejeté directement dans les égouts ou les rivières, ou alors dirigé vers une station d'épuration. Le sous-équipement des abattoirs français paraît évident. En 1974, 22,6 % des abattoirs de mammifères possédaient une citerne à sang, mais la capacité de ces citernes ne correspondait en moyenne qu'à une journée de fonctionnement des abattoirs. Pour les abattoirs de volailles, en 1977, 26 % étaient équipés d'une citerne (3, 6, 12, 48, 55, 56).

## II. - CARACTERISTIQUES DU SANG

### 1. - Caractères physique et chimique (47)

• Le poids spécifique du sang varie de 1,05 à 1,062 g/cm³, celui du plasma de 1,026 à 1,032 g/cm³ et celui du cruor de 1,08 à 1,05 g/cm³. La sédimentation ou la centrifugation du sang, pour peu que sa coagulation ait été empêchée, peut donc permettre de séparer le plasma du cruor.

La sédimentation sépare en 24 heures le sang en 1/3 de cruor et 2/3 de plasma.

La centrifugation fait partie des prétraitements du sang envisageables à l'abattoir et sera envisagée ultérieurement.

• Le pH du sang est légèrement basique : 7,4.

• La viscosité dynamique du sang est cinq fois supérieure à celle de l'eau, et celle du plasma deux fois supérieure.

• Sa chaleur spécifique est de 0,87 $cal/°C^{-1}.g^{-1}$ et celle du plasma de 0,94 $cal/°C^{-1}.g^{-1}$.

• Par chauffage, à température relativement élevée, par exemple durant 3 minutes à 70°C pour le sang de porc, on obtient la coagulation thermique des protéines du sang qui doit bien être distinguée de la coagulation fibrinique (spécifique du sang). La coagulation thermique entraîne une dénaturation des protéines.

• Dans la perspective de l'utilisation du plasma sanguin, il convient de souligner le phénomène d'hémolyse. La dilution par les eaux de lavage des dispositifs de récupération entraînera une hémolyse. Ce phénomène d'hémolyse contribue à accroître la dégradabilité du sang et participe de ce fait à diminuer ses facultés de conservation. Une agitation trop brutale peut également provoquer l'hémolyse.

Le phénomène d'hémolyse est mis à profit pour l'extraction des protéines globulaires.

• Il convient de mentionner le pouvoir moussant de certaines fractions protidiques du sang. Cette propriété trouve des applications dans différents secteurs industriels alimentaires. Cependant, il peut constituer un inconvénient majeur lors de la récolte et de certains traitements.

2. - Coagulation (47, 48)

Le sang est un liquide qui coagule dès qu'il a été extrait des vaisseaux. Cette coagulation se produit dans un délai de 2 à 6 minutes. Le premier temps de la coagulation est invisible à l'oeil nu et correspond à l'action des facteurs sériques et tissulaires. La phase visible lui succédant correspond à l'emprisonnement progressif des éléments figurés du sang dans un réseau de fibrine polymérisée, insoluble, sous l'action des ions calcium surtout, et qui aboutit à la formation du caillot et du sérum.

Les facteurs influençant la coagulation sont les suivants :

- Accélération : - température modérée,
  - présence d'ions calcium,
  - agitation, battage : obtention de la précipitation de la fibrine,
  - parois rugueuses,
  - oxygène.
- Retard : le froid.
- Inhibition : substances chimiques anticoagulantes précipitant le calcium :
  - chlorure de sodium à 5 %,
  - tripolyphosphate de sodium (T.P.P.) : 1 g/l,
  - citrate de sodium (0,5 g/l),
  - oxalates, fluorures,
  - héparine,
  - novarsenobenzol.

Les substances anticoagulantes les plus utilisées industriellement sont le citrate de sodium et le tripolyphosphate de sodium.

3. - Charge microbienne - Biodégradabilité (47)

Le sang d'un animal sain est naturellement stérile ou paucimicrobien. La contamination interne du sang est possible lors de bactériémie *in vivo* (maladie septicémique ou maladie chronique comme la tuberculose), mais aussi lors de bactériémie d'abattage (paralysie du système réticulo-histiocytaire et libération de germe ; passage de germe d'origine intestinale pendant la digestion si la diète *ante mortem* n'est pas respectée). La contamination externe intervient par suite de contact avec des matières souillées (couteau, plaie de saignée, matériaux de récolte, régurgitation, fèces, urine...). En effet, le sang est particulièrement vulnérable ; sa composition chimique (eau, protéines, oxygène, minéraux) et sa température d'émission (38°C) en font un véritable milieu de culture.

Le sang est donc un liquide éminemment putrescible qu'il convient de récolter de façon la plus hygiénique possible et dont il faut ensuite assurer

la bonne conservation (addition d'anticoagulant, défibrination mécanique, réfrigération immédiate) afin d'obtenir un produit de qualité valorisable par un traitement adéquat.

4. - Charge polluante

a) Mesures utilisées pour caractériser la charge résiduaire des eaux usées d'abattoir (3, 48)

Les eaux résiduaires d'abattoir contiennent en solution ou en suspension des résidus qui sont des éléments constitutifs de la matière vivante. Ils ont, par conséquent, un caractère organique dominant. Leur composition est dans une certaine mesure comparable à celle des effluents urbains, mais leur concentration est généralement de 2 à 5 fois plus forte.

On peut donc utiliser les mêmes paramètres pour définir les deux types d'effluents. Ces paramètres sont : l'Equivalent habitant (Eq hab), la matière oxydable (M.O.), la matière en suspension totale (M.E.S.), la demande chimique en oxygène (D.C.O.) et la demande biologique en oxygène (D.B.O.). Les plus importantes, en ce qui concerne le sang, sont la $DBO_5$ surtout et la DCO.

b) Demande chimique en oxygène (D.C.O.) (3, 12)

La DCO permet d'apprécier l'ensemble des substances dont la dégradation est susceptible de "demander" de l'oxygène, en particulier les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques biodégradables ou non.

La méthode normalisée pour les eaux usées utilise le bichromate de potassium en milieu sulfurique. La précision de la mesure est de l'ordre de 5 %. Sa rapidité est de quelques heures. Dans les rejets d'abattoir, elle varie de 800 à 4.500 mg/l.

c) Demande biologique en oxygène (D.B.O.) (3)

C'est la quantité d'oxygène consommée dans des conditions données (incubation à 20°C, à l'obscurité) pendant un temps donné, pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présentes dans l'eau usée.

La DBO ultime, obtenue par oxydation biologique complète, trop longue à obtenir (de 21 à 28 jours), a été conventionnellement remplacée par la $DBO_5$, c'est-à-dire par la quantité d'oxygène consommée après 5 jours d'incubation. Dans les rejets d'abattoirs, la $DBO_5$ varie de 400 à 1.500 mg/l.

d) Relation entre D.C.O. et D.B.O.$_5$ (3)

La relation DCO/DBO$_5$ varie en fonction de la proportion de corps organiques biodégradables et des corps non biodégradables présents dans l'eau usée. La cellulose, la lignine, les tannins, la sciure de bois sont les corps organiques non biodégradables que l'on retrouve en grande quantité dans les rejets. L'augmentation de leur proportion augmente la valeur du rapport. Au contraire, le sang et les graisses, qui sont biodégradables, font diminuer la valeur du rapport quand leur proportion augmente.

e) Pollution due au sang

C'est une des pollutions majeures des abattoirs. Elle varie en fonction de l'espèce animale et en fonction du pourcentage de récupération. Cette pollution peut être appréciée grâce aux données chiffrées moyennes des tableaux 5, 6 et 7.

Tableau 5

Biodégradabilité du sang entier
(7, 12)

| | Valeur moyenne de DBO$_5$ en g/l | |
|---|---|---|
| | Selon DEHAUMONT (12) | Selon TESSIER (7) |
| Gros bovins | 140 | 130 à 167 |
| Veaux | 90 | 35 à 90 |
| Ovins - Caprins | 180 | 200 |
| Porcs | 120 | 100 à 207 |

Tableau 6

Comparaison de la biodégradabilité du sang entier, du plasma et du cruor (7)

| | DBO$_5$ moyenne | DCO moyenne |
|---|---|---|
| Sang entier | 140 g/l | 300 g/l |
| Plasma | 2 à 3 fois moins importante | |
| Cruor | 2 à 3 fois plus importante | |

Tableau 7

$DBO_5$ rejetée en fonction du pourcentage de récupération du sang (3)

| % de récupération | $DBO_5$ en g par kg de carcasse | Grands animaux | Petits animaux |
|---|---|---|---|
| Excellente | 90 % | 0,7 | 0,4 |
| Bonne | 80 % | 1,4 | 0,8 |
| Moyenne | 55 à 70 % | 2 à 3 | 1,5 |
| Faible | 30 % | 5,0 | 3,5 |
| Très faible | 15 % | 6,5 à 7,5 | 4,7 |
| Absence de récupération | | 8,0 | 5,0 |

Actuellement, 30 % seulement du sang produit dans les abattoirs est récupéré. Théoriquement, 90 à 95 % du sang est récupérable, et donc seulement 5 à 10 % du sang devrait être éliminé avec les eaux usées d'abattoirs et être traité dans les stations d'épuration.

Le sang correspond actuellement à 57 % de la pollution totale produite par les abattoirs. Cet élément d'altération rapide est un élément très polluant des eaux résiduaires d'abattoirs et l'épuration devient difficile lorsque ces eaux contiennent plus de 0,5 % de sang (3, 48, 55).

La charge polluante due à 1 litre de sang brut correspond chaque jour à la pollution de 2 à 3 habitants. On estime donc actuellement que le rejet du sang par les abattoirs français correspond à une charge de pollution équivalente à un million d'habitants par jour et ceci pendant toute l'année.

f) Dépollution et taxation

En 1977, la quantité d'éléments polluants produits par les abattoirs français était la suivante (3) :

- matières oxydables..... 389.000 tonnes
- matières en suspension... 356.000 tonnes

Après épuration (les pourcentages d'épuration des abattoirs en France sont 28,4 % pour la matière oxydable et 14,3 % pour les matières en suspension), les quantités de polluants en une année sont de :

- matières oxydables..... 278.000 tonnes
- matières en suspension... 305.000 tonnes

La pollution totale des abattoirs représente l'équivalent de celle produite par 10 millions d'habitants.

Le plus sûr et le plus économique de tous les moyens d'épuration de l'eau, c'est de rejeter le moins possible. En effet, plus il y a de volume de rejet, plus les équipements voient croître leur prix, plus les rejets sont pollués, plus leur traitement est complexe et donc cher. De plus, retenir les sous-produits au départ est avantageux car certains sont utilisables, et leur vente peut éventuellement rembourser le coût de leur récupération.

L'installation d'une station d'épuration revient en investissement, au-dessus de 500 habitants, à 293 francs hors taxes en 1981 par équivalent habitant. Le fonctionnement de cette station d'épuration revient à peu près à 30 francs hors taxes par équivalent habitant (48). En 1982, on estime que le coût d'épuration d'un litre de sang est de 20 centimes (18 pour l'épuration et 2 pour la récolte non alimentaire). Ainsi, même si certains considèrent que le sang a une faible valeur, il convient de le récolter étant donné l'impact économique dû aux charges d'épuration.

Les agences financières de bassin perçoivent auprès des abattoirs, comme auprès de tout établissement industriel, une redevance de pollution. Le calcul de cette redevance prend en compte l'activité de l'abattoir (fonction du jour moyen de production), les différentes espèces abattues, et pour une grande part le pourcentage de sang non récupéré. La redevance en 1980 pour l'agence financière du bassin Adour-Garonne est de 44 F/an par kg et par jour pour la matière en suspension et de 63 F/an par kg et par jour pour la matière oxydable (47).

En ce qui concerne le sang, l'étude du C.T.G.R.E.F. (47) pour un abattoir de 50 tonnes de bovins par jour et 3 tonnes de porcs par jour donne les chiffres suivants :

- Pas de récupération de sang..... 59.236 F
- Récupération du sang de porc à 90 %... 58.121 F
- Récupération du sang à 90 %..... 26.936 F
- Récupération théorique totale..... 23.339 F

La récupération du sang au maximum possible selon le C.T.G.R.E.F. permet par espèce les économies suivantes pour 1980 : gros bovins 47 % ; veaux 15 % ; porcs 37 % ; moutons 58 %.

## 5. - Composition - Valeur alimentaire

Le sang est un produit très riche en eau, riche en protéines, pauvre en glucides, lipides et matières minérales (Fig. 1). (C'est l'un des produits animaux les plus pauvres en lipides et glucides).

Par sédimentation du sang traité avec un anticoagulant, on obtient une séparation en deux phases : une phase lourde riche en globules rouges (le cruor)

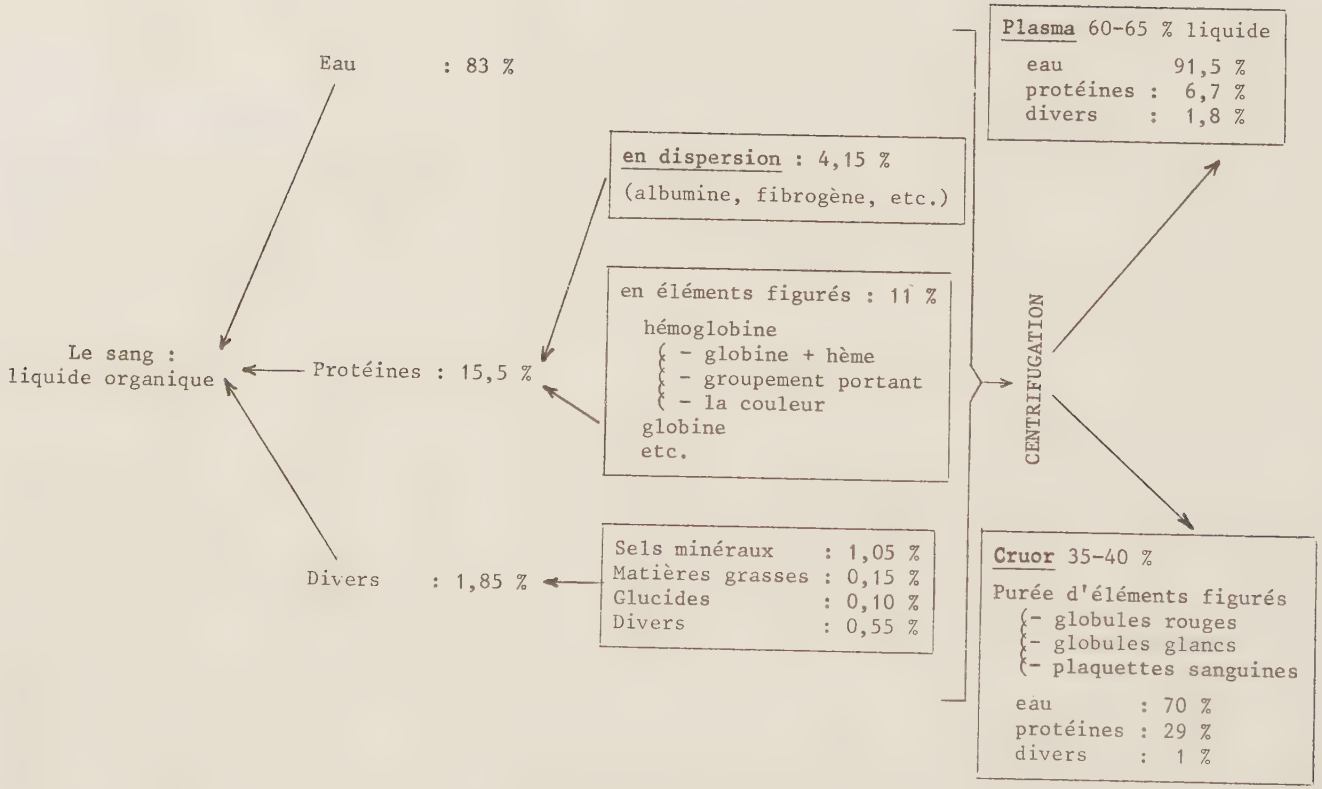



Figure 1

Composition du sang (48)

et une phase légère (le plasma), dans la proportion avoisinant un tiers/deux tiers. Par centrifugation de type fermé, on obtient une séparation en deux phases dans des proportions voisines de 50-50 % (42). Si on laisse coaguler puis sédimenter le sang, on obtient le sérum qui a pratiquement la même composition que le plasma ; la différence essentielle provient de l'absence de fibrinogène, et on note aussi une variation quantitative de matières minérales.

Les pourcentages des différents constituants du sang varient avec l'espèce, l'âge, et l'état de l'animal, mais on peut néanmoins admettre les répartitions moyennes suivantes :

Tableau 8

Composition comparée du sang, de ses dérivés et du lait (42, 47, 55)

| % | 100 % → 67 % - 33 % / 55 % - 45 % | | | | Lait de vache |
|---|---|---|---|---|---|
| | Sang entier | Sérum | Plasma | Cruor | |
| Eau | 83,00 % (80 à 85) | 91,0 % | 91,5 % (90 à 92) | 70,0 % (70 à 78) | 87,3 % |
| Matières azotées | 15,50 % (15 à 18) | 7 à 8 % | 6,7 % (5 à 8) | 29,0 % (21 à 29) | 3,4 % |
| Matières grasses | 0,15 % | 0,5 % | 0,1 % | 0,2 % | 3,5 % |
| Glucides | 0,10 % | 0,1 % | 1,4 % | — | 4,9 % |
| Matières minérales | 1,05 % | 0,8 % | 0,2 % | 0,2 % | 0,9 % |
| Matière sèche | 17,00 % (15 à 20) | 8,6 à 8,9 % | 8,5 % (8 à 10) | 30,0 % (22 à 30) | 12,7 % |

On remarque la particulière richesse du sang en protéines dont plus des 2/3 se trouvent dans le cruor. Leur pourcentage dans le sang entier est 5 fois supérieur à celui observé dans le lait. Pour le cruor, le pourcentage est 8 à 9 fois supérieur à celui du lait.

Cette forte teneur en protéines s'accompagne d'une digestibilité protéique élevée : 96 % (92 à 98 %) (57), d'une teneur élevée en lysine (acide aminé essentiel en alimentation du bétail). La teneur en lysine est 2,5 fois supérieure au soja, et elle est comparable à celle du muscle de bovin. Ceci fait du sang un produit très intéressant pour la supplémentation d'une alimentation à base de céréales (6).

Tableau 9

Composition en acides aminés du sang et de quelques protéines de référence (47,55)

| Pourcentage (g/100 g de protéines) | Sang entier frais + TPP | Plasma frais + TPP | Oeuf entier | Muscle gros bovin | Protéine étalon* | Lait de vache | Collagène |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thréonine | 5,1 | 5,6 | 5,2 | 4,6 | 4,4 | 4,44 | 2,2 |
| Valine | 8,9 | 6,4 | 7,1 | 4,8 | 4,5 | 6,33 | 2,3 |
| Isoleucine | 0,9 | 3,1 | 6,5 | 4,5 | 4,0 | 5,36 | 1,4 |
| Leucine | 12,2 | 8,8 | 8,3 | 8,2 | 8,6 | 9,45 | 3,2 |
| Tyrosine | 2,8 | 4,8 | 4,1 | 3,5 | } | 4,78 | 0,5 |
| Phénylalanine | 7,1 | 5,1 | 5,8 | 4,2 | } 6,6 | 5,04 | 2,0 |
| Lysine | 9,2 | 8,8 | 7,1 | 9,1 | 6,7 | 7,88 | 3,6 |
| Méthionine | 1,1 | 1,0 | 3,4 | 2,7 | } | 2,43 | 0,8 |
| Cystine | 1,0 | 3,3 | 2,3 | 1,2 | } 2,9 | 0,78 | 0 |
| Tryptophane | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 1,2 | 1,7 | 1,38 | 0 |
| Histidine | 5,8 | 2,8 | 2,4 | 3,9 | — | 2,63 | 0,3 |
| Arginine | 4,8 | 6,5 | 6,4 | 6,1 | — | 3,46 | 8,3 |
| Somme des acides aminés indispensables (g/100 g de protéines ou 16 g d'azote) | 60,1 | 57,4 | 60,1 | 54,0 | — | 53,96 | 24,6 |

* Protéine étalon alimentation humaine

La somme des acides aminés indispensables est d'environ 60 % des acides aminés totaux (Tableau 9), mais l'on observe cependant certains facteurs néfastes à la valeur biologique du sang :

- existence d'une carence en acides aminés soufrés : la méthionine est le facteur limitant ;
- carence secondaire en tryptophane ;
- existence d'un déséquilibre entre leucine et isoleucine.

Dans la mesure où le sang sera récolté dans des conditions hygiéniques satisfaisantes et son traitement suffisamment adapté pour conserver l'excellente valeur de ses protéines, le sang fournira une excellente source de protéines même pour les animaux les plus exigeants (carnivores, jeunes oiseaux, poissons, animaux à fourrure).

La valorisation du sang permettrait donc une récupération annuelle de 18.000 tonnes de protéines, soit une diminution des importations de soja 50 de 40.000 tonnes environ.

## III. - VALORISATION DU SANG

La quantité de sang produite chaque année dans les abattoirs français s'élève à environ 200.000 tonnes. On observe actuellement une très incomplète récupération du sang alors que certains de nos voisins le récupèrent presque en totalité (Belgique par exemple). La haute valeur biologique de ce produit, la pollution du milieu naturel qu'il entraîne, ainsi que la difficulté de son épuration devraient nous inciter à le récupérer. Cependant, la récupération de ce sous-produit n'est intéressante que si sa valorisation est possible.

### 1. - Organismes et personnes concernés par la récupération de sous-produits (Fig. 2)

### 2. - Aspects réglementaires de l'utilisation du sang

La réglementation du sang relève de la compétence de trois ministères (12, 47, 48, 54) :

- Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie : Direction de la Prévention des Pollutions et Nuisances - Service de l'Environnement Industriel
- Ministère de l'Agriculture :
  - Direction de la Qualité - Service Vétérinaire d'Hygiène Alimentaire - Bureau : Viande-Abattoir
  - Direction des Industries Agricoles et Alimentaires
- Ministère de la Consommation : Direction de la Consommation et de la Répression des Fraudes

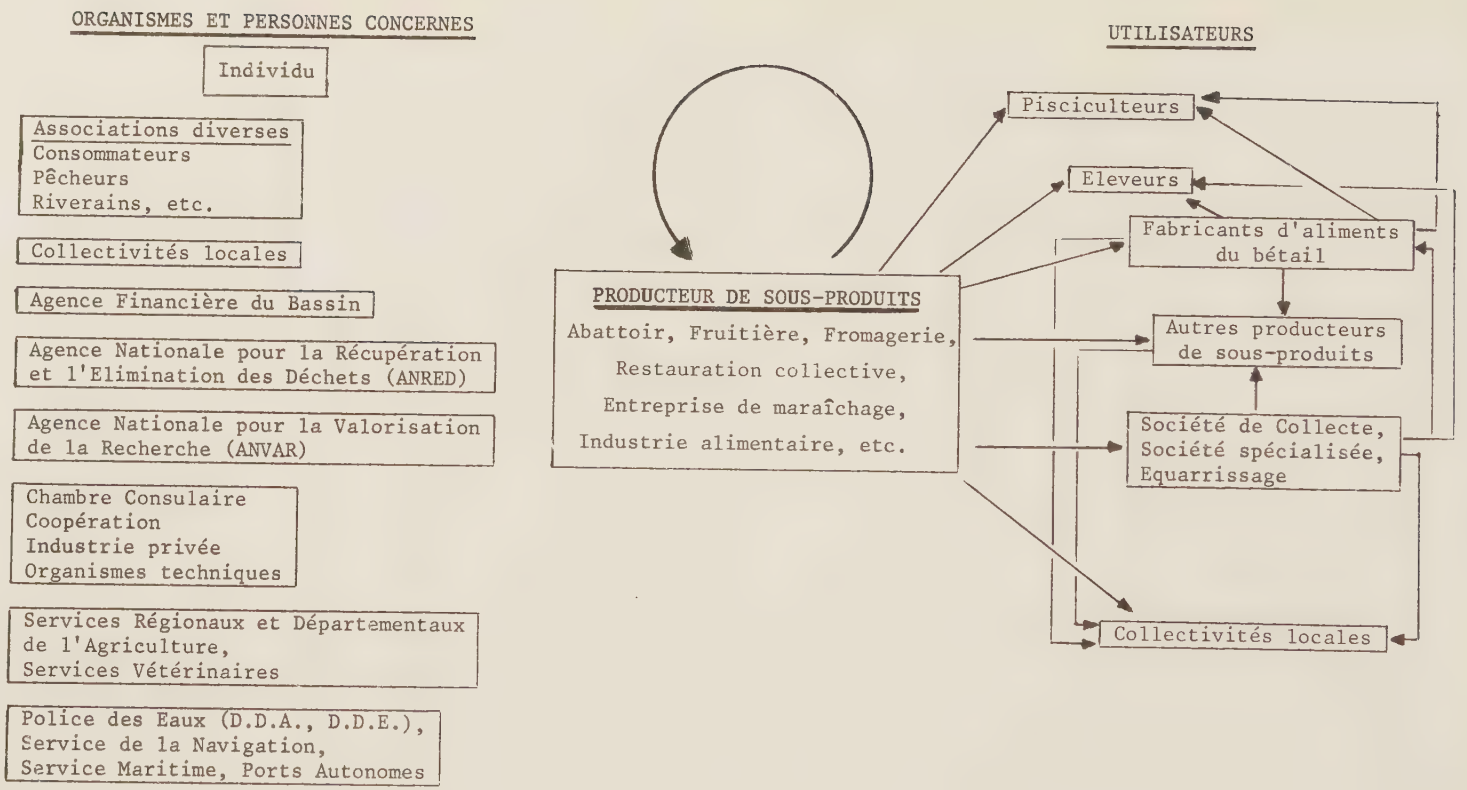



Figure 2

Organismes et personnes concernés par la récupération de sous-produits
(48)

Le sang est un sous-produit de l'abattage des animaux. Il est considéré comme une issue chez tous les animaux de boucherie, sauf pour le porc chez lequel il entre dans la catégorie des abats (circulaire n° 67-554 du 10 juillet 1967, fixant les conditions d'application de l'article 6 de la loi du 8 juillet 1965).

a) Réglementation du Ministère de l'Environnement

Les abattoirs font partie des installations classées et, à ce titre, doivent se soumettre aux dispositions de la loi du 15 juillet 1975, relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux (la déclaration de la quantité d'effluents rejetés est obligatoire et entraîne le versement de taxes permettant le traitement des eaux résiduaires).

Par ailleurs, le Ministère de l'Environnement prépare actuellement un texte réglementaire visant à favoriser la récolte de la majeure partie du sang d'abattoir (90 %) et ainsi diminuer la pollution et les nuisances provoquées par ce dernier.

b) Réglementation du Ministère de la Consommation

α) Utilisation des additifs

• Alimentation humaine

Cette utilisation suit le principe de la liste positive et, conformément au décret du 15 avril 1912, article 1er, est soumise à autorisation du Ministère de l'Agriculture, de l'Economie et des Finances, de la Recherche et de l'Industrie, et de la Santé, après avis favorable du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France et de l'Académie Nationale de Médecine.

Actuellement, un mélange de sel ordinaire et de phosphate de sodium (10 g/l de sang) est autorisé en France, alors que le citrate est interdit. (La situation inverse existe en République Fédérale Allemande).

• Alimentation animale

L'arrêté du 22 février 1960 charge la commission interministérielle et interprofessionnelle de l'alimentation animale de donner son avis sur l'utilisation éventuelle d'un additif pour l'alimentation animale.

β) Matériaux et objets au contact des denrées destinées à l'alimentation de l'homme et des animaux

L'article 1er du décret du 12 février 1973, portant application de la loi du 1er août 1905 sur la répression des fraudes, prévoit qu'il est interdit de mettre au contact des produits alimentaires des matériaux et objets ne satisfaisant pas aux conditions édictées dans les articles suivants.

c) Réglementation du Ministère de l'Agriculture

α) Directive communautaire

La directive du conseil de la C.E.E. du 26 juin 1964, relative à des problèmes sanitaires en matière d'échanges intracommunautaires de viandes fraîches (modifiée par les directives du 25 octobre 1966 et 6 octobre 1969), exclut les échanges intracommunautaires de sang qui a fait l'objet d'un traitement chimique en vue d'empêcher sa coagulation.

En outre, le sang destiné à la consommation humaine doit être recueilli dans des récipients parfaitement propres. Il ne peut être battu à la main mais uniquement à l'aide d'instruments conformes aux exigences de l'hygiène.

β) Arrêté ministériel du 25 août 1972 (J.O. du 9 septembre 1972)

Il est relatif aux normes auxquelles doivent satisfaire les abattoirs agréés pour l'exportation des viandes et déterminant les conditions de l'inspection sanitaire dans ces établissements.

Les dispositions de ce texte imposent que :

- la collecte soit effectuée dans les meilleures conditions d'hygiène ;
- le sang destiné à la consommation humaine soit récolté dans des récipients prévus à cet effet ; dans ce cas, l'identification individuelle ou par groupes d'animaux est obligatoire ;
- la défibrination manuelle est interdite.

Le problème de la salubrité du sang est envisagé ici. Pour que le sang soit utilisable pour la consommation humaine ou animale, il faut que l'animal soit reconnu sain à l'issue de l'inspection sanitaire (sinon il doit être stérilisé par l'équarrisseur avant son utilisation en alimentation animale). Cela pose des problèmes en raison des cadences de travail élevées sur les chaînes d'abattage, et des délais d'attente avant l'inspection ; il faut donc constituer des réservoirs d'attente (récolte individuelle ou récolte par lots : lot de 5 pour les bovins ; lot de 10 pour les porcs) qui puissent être dirigés vers l'équarrissage si une saisie est prononcée dans le lot d'animaux correspondant.

Il faut, pour être efficace, diminuer au maximum le risque de saisie surprise, en effectuant un examen *ante mortem* rigoureux, en vue de trier les animaux apparemment malades. Les animaux à examen *ante mortem* non satisfaisant devraient être abattus séparément, ainsi que les animaux éliminés dans le cadre des prophylaxies collectives et les animaux abattus d'urgence. On effectuera alors un abattage séparé dans le temps (début ou fin de chaîne) ou dans l'espace (chaîne d'abattage spéciale).

Les directives des services vétérinaires recommandent de ne considérer comme donnant lieu à une saisie totale que les cas de bactériémie ou de virémie, les états infectieux aigus et les hémoparasitoses.

γ) Loi n° 75-1336 du 31 décembre 1975 (J.O. du 3 janvier 1976)

Elle complète et modifie les articles 266 et 270 du Code Rural, concernant l'industrie de l'équarrissage.

Les équarrisseurs sont tenus de collecter le sang non récupéré ainsi que le sang saisi par les services vétérinaires. Dans ce dernier cas, il existe cependant deux dérogations, selon que le sang est destiné à l'alimentation animale ou à l'opothérapie.

Lorsque le sang des animaux sains est récupéré à l'abattoir, son utilisation pour l'alimentation humaine ou pour l'industrie est subordonnée au respect d'exigences techniques et hygiéniques.

d) Utilisation réglementaire du sang (Fig. 3)

On distingue trois catégories de sang :

- Le sang alimentaire

Il provient d'une récolte hygiénique à partir d'animaux sains. L'identification est effectuée de façon individuelle ou par lots (lots de 10 pour les porcs et ovins, lots de 5 pour les bovins et chevaux).

Les bonnes conditions hygiéniques sont à l'appréciation des services vétérinaires. L'utilisation du sang alimentaire est libre.

- Le sang industriel

Les exigences de récolte du sang à partir d'animaux sains sont moins strictes, mais elles conditionnent la conservation du sang et sa valorisation future.

L'identification est obligatoire.

Le sang industriel ne peut pas être utilisé en alimentation humaine.

- Le sang saisi

C'est le sang provenant des animaux saisis ainsi que le sang des animaux sains mélangé à celui-ci.

Le sang saisi est destiné obligatoirement à l'équarrisseur (sauf dérogation : opothérapie, alimentation animale) où il subira un traitement thermique stérilisateur.

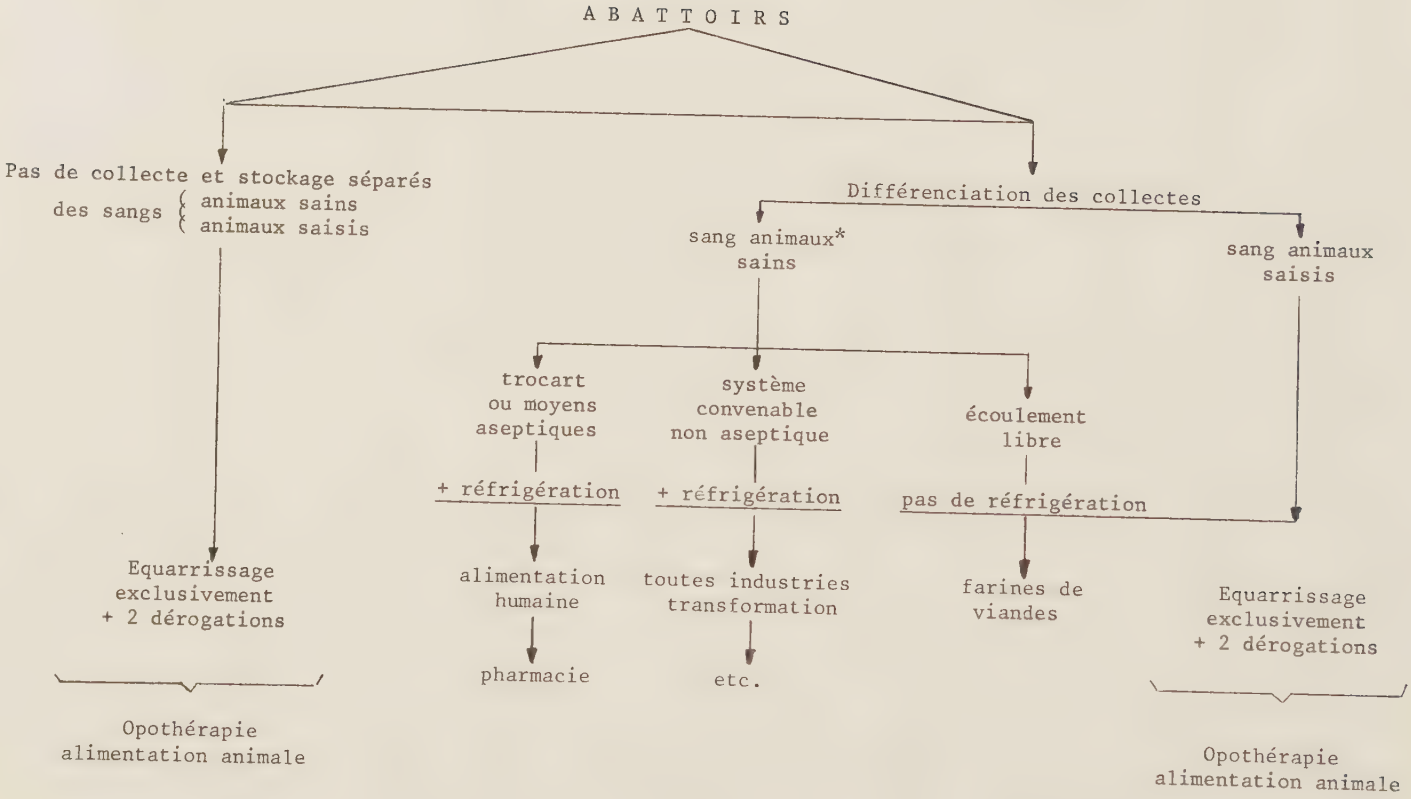



Figure 3

Utilisation réglementaire du sang (12, 47)

* (identification individuelle ou par lots : porcs, lot de 10 ; bovins, lot de 5)

3. - Valorisation actuelle du sang

L'étude faite par le cabinet BLEZAT en 1976 (6) nous donne la répartition moyenne par utilisation du sang collecté en France (Tableau 10). Le total de 71.500 tonnes (en équivalent sang frais) est supérieur au volume réellement collecté et estimé égal à 65.000 tonnes. Cette différence provient de la double utilisation du sang lorsqu'il est séparé en plasma et cruor.

L'industrie de l'alimentation du bétail est la première industrie utilisatrice de sang (en progression faible : 6,3 % en moyenne depuis 1973). Avec l'industrie de l'alimentation pour animaux de compagnie, elles utilisaient en 1976 environ 60 % du sang récolté.

L'industrie de l'alimentation du bétail, des colles, des engrais, de l'oenologie utilisent presque exclusivement des produits déshydratés.

Les industries pharmaceutiques et de l'alimentation des animaux de compagnie utilisent essentiellement des produits congelés ou frais.

L'enquête réalisée en décembre 1982 (Tableau 11) nous montre une utilisation encore marginale du sang. Cependant, les perspectives d'avenir sont favorables. Il y a un marché potentiel d'utilisation du sang essentiellement dans l'alimentation animale, sous réserve qu'il présente les qualités appropriées (qualité nutritionnelle pour l'alimentation animale, qualité technologique aussi pour l'alimentation des animaux de compagnie).

Les fabricants d'aliments du bétail ne seraient pas hostiles à l'utilisation du sang, pourvu qu'il soit convenablement traité et présenté, concurremment à d'autres matières premières. Il serait alors nécessaire de satisfaire certaines conditions (6, 7) :

- un taux d'humidité faible (8 à 12 %) ;
- texture physique autorisant le stockage et la fabrication avec les matériels actuellement utilisés pour les autres matières premières dans l'industrie de l'aliment du bétail ;
- un approvisionnement régulier en qualité et quantité ;
- des prix conformes aux règles de l'offre et de la demande, au même titre que toute autre matière première.

Tableau 10

Utilisation actuelle (1976) du sang et perspectives (6)
Production française de sang disponible en 1976 : 160.000 T
" " de sang récolté en 1976 : 65.000 T

| | % | UTILISATION ACTUELLE (1976) | MARCHE POTENTIEL | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|
| ALIMENT DU BETAIL | 53,1 %<br>38.000 T | Poudre de sang entier ou cruor.... 6.700 T<br>Cruor..... 550 T<br>Sang entier..... 6.150 T | 25.000-- 40.000 T | Exportation en grande partie |
| ALIMENTATION HUMAINE<br>Boudin (sang de porc)<br><br>Autres utilisations : charcuterie-salaison (liant) | 32,2 %<br>23.000 T | Sang entier frais ou congelé..... 16.000 T<br>(25 % du vol. disponible)<br>Utilisation totale..... 4.500 T<br>Plasma sec..... 130 T<br>Plasma congelé..... 3.000 T<br>Cruor (colorant) | Poudre de sang entier 20 T<br><br>Perspective favorable concurrent du blanc d'oeuf | <br><br>Exportation en Allemagne et Belgique |
| ALIMENTATION DES ANIMAUX DE COMPAGNIE | 5,7 %<br>4.100 T | Sang entier congelé..... 2.800 T<br>Sang entier en poudre..... 50 T<br>Plasma congelé..... 700 T | | Jugé trop cher<br>Utilisation limitée pour la coloration |
| INDUSTRIE DES ENGRAIS | 4,5 %<br>3.200 T | Farine..... 360 T | En régression | Jugé trop cher |
| INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE | 2,7 %<br>1.900 T | Sang entier congelé..... 1.200 T<br>Plasma congelé..... 200 T<br>Cruor sec..... 10 T | | Exportation en Suisse |
| INDUSTRIE DU BOIS | 1,1 %<br>800 T | Sang entier sec..... 200 T | En régression | Jugé trop cher |
| OENOLOGIE | 0,7 %<br>500 T | Poudre de sang entier..... 20 T<br>Poudre de cruor..... 50 T | Faible | |

Tableau 11

Enquête réalisée en décembre 1982 auprès de fabricants d'aliments pour animaux

| Société | Sang | | | Tonnage ou % matière première | But d'utilisation | Catégorie d'aliments | Espèces |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Congelé | Déshydraté | Frais | | | | |
| PROTECTOR | | X | | ? | Apport global protéines<br>Facteur d'appétence | Aliment composé complet | Animaux de compagnie |
| ROYAL CANIN | n o n u t i l i s é | | | | | | Animaux de compagnie |
| QUAKER-FRANCE FIDO | X | | | 3 % minimum des matières premières congelées<br>Limitation due à la couleur | Apport global protéines<br>Qualités technologiques<br>Prix | Aliment composé complet ou complémentaire | Animaux de compagnie |
| UNISABI | X | | X | 0 à 5 %<br>Problème de sel nitrité | Apport global protéines<br>Qualités technologiques<br>Prix | Aliment composé complet | Animaux de compagnie |
| GUYOMARCH | | X | | 50 T/an (marginal) | Apport protéique | Aliment composé complet | Poulets |
| GLORIA-FRISKIES | X | | | 0 à 2 % | ± facteur d'appétence<br>Colorant en association avec les nitrites | Aliment composé complet ou complémentaire | Animaux de compagnie |
| U.C.A.A.B. | | X | | ε | Apport global<br>Prix<br>Apport de lysine | ? | Porcs<br>Poissons |
| | *Commentaires : On ne peut utiliser qu'un produit qui existe et qui est vendu* | | | | | | |
| C.C.P.A. | - Très peu utilisé<br>- Qualités technologiques<br>- Poissons (truites ?)<br>*Commentaires : Problème de disponibilité de la matière première sur le marché* | | | | | | |
| C.O.F.N.A. | | X | | 25 Tonnes par mois | Apport global protéines<br>Prix de la matière première | Aliment composé complet | Poissons |
| | *Commentaires : - Très peu de fournisseurs*<br>*- Très petite quantité de farine déshydratée de qualité*<br>*- Problème de l'approvisionnement sûr et régulier en qualité et quantité* | | | | | | |
| SANDERS | N o n u t i l i s é d a n s l a r é g i o n d u S u d - O u e s t | | | | | | |

## Deuxième Partie

# RECOLTE ET TRAITEMENT DU SANG

## I. - RECOLTE

### 1. - Problèmes posés par la récolte du sang

La récolte du sang devra être effectuée dans le but d'une meilleure utilisation possible. Cette future utilisation du sang est conditionnée par la qualité de la récolte.

La qualité du sang recouvre plusieurs notions (42, 47) :

• L'état physique, liquide ou solide, du sang dépend du premier traitement. La défibrination mécanique permet l'obtention de sang liquide, mais elle entraîne une hémolyse du sang qui donnera par centrifugation un plasma coloré. L'adjonction d'un anticoagulant, complexant en général le calcium, permettra l'obtention de sang liquide non hémolysé. Les anticoagulants les plus souvent utilisés pour la récolte du sang sont le citrate de sodium et les polyphosphates.

• L'hémolyse du sang est provoquée par la défibrination mécanique, par les pompes de transfert (souvent trop puissantes), par le vide, par l'addition des eaux de lavage (différence de force ionique entre les milieux intra- et extracellulaires). Cette hémolyse ne permet pas une centrifugation satisfaisante (plasma coloré).

• La propreté physique : il faut éviter de récolter des particules solides avec le sang.

• La propreté bactériologique :

— Le sang est un liquide éminemment putrescible (richesse en matière organique et en eau, température d'émission élevée) qu'il faut préserver de la contamination microbiologique externe. Pour éviter une prolifération bactérienne, une réfrigération immédiate est fortement recommandable.

— Séparation sang sain - sang saisi.

• La dilution par les eaux de lavage ou l'urine (Tableau 12).

Tableau 12

Les contaminations du sang (42)

| NATURE | ORIGINES |
|---|---|
| Microbiennes | • contact sang/peaux souillées<br>• mélange avec sang animaux malades<br>• régurgitation, urine<br>• contact avec opérateur<br>• mauvais nettoyage des installations |
| Dilution par l'eau | • urine, eau de lavage |
| Particules solides | • fèces<br>• contact avec peaux souillées<br>• poils<br>• terre, graviers : opérateur, pieds des animaux |

Le sang est un liquide corrosif, c'est pourquoi il faut recommander pour le matériel de collecte et de transfert l'emploi d'acier inoxydable (robustesse, facilité de nettoyage).

2. - Les matériels de collecte (42, 47)

— L'aire de saignée : c'est l'installation traditionnelle de récupération du sang. Sa longueur est proportionnelle à la cadence d'abattage. Le sang se coagule sur l'aire, il est aspiré vers une cuve mise en dépression. Il existe normalement un circuit d'évacuation du sang et un circuit d'évacuation des eaux de lavage, mais la permutation entre circuits est en général peu pratique. Il n'y a pas de différenciation du sang des animaux. Le sang est dilué, fortement contaminé (régurgitation, poils, fèces). Le sang ne peut être destiné qu'à l'équarrisseur et sa valorisation est difficile.

— L'auge de saignée : l'auge de saignée présente une légère amélioration par rapport à l'aire de saignée. La dilution et les contaminations sont moins marquées.

— Le collecteur de saignée. Le collecteur fixe sera adapté à l'espèce abattue. Il présente alors une amélioration notable : les régurgitations sont en effet éliminées, ainsi que le sang d'égouttage fortement contaminé. La distribution et le mélange d'anticoagulant empêchent la coagulation du sang et permettent une individualisation ultérieure des lots. Ce type de collecteur

constitue une solution très intéressante dans le cas d'abattage d'animaux de format assez homogène : porcs charcutiers, veaux de batterie. Le collecteur mobile de saignée est une adaptation pour les chaînes à faible cadence. Il présente les mêmes caractéristiques. Cependant, l'entonnoir de collecte peut être monté sur un bras articulé pour s'adapter à la taille de l'animal.

Une contamination bactériologique assez faible, de 1.000 à 40.000 germes mésophiles au gramme, a été constatée pour du sang récolté avec un seau et conservé en bidons de 25 l, 24 h en chambre froide à + 2°C (technique similaire au collecteur).

— L'entonnoir de saignée. Après insensibilisation de l'animal, on opère une saignée préthoracique au couteau et on fixe ensuite l'entonnoir qui est maintenu dans la plaie par des crochets, sans intervention manuelle. Plusieurs entonnoirs fixés sur tubes interchangeables sont reliés à un système empêchant la coagulation du sang. Le sang récolté est d'excellente qualité.

— Le trocart (simple ou sous vide). C'est la méthode qui donne les meilleurs résultats du point de vue de la qualité bactériologique du produit. Toutefois, les contraintes liées à son utilisation font que le trocart est peu utilisé.

— La saignée horizontale. L'animal insensibilisé est affalé sur un tapis roulant. On procède alors à la saignée par section des jugulaires et carotides. Le sang s'écoule dans une goulotte où il peut être mélangé à un anticoagulant. Les contaminations bactériennes sont réduites car le sang d'égouttage n'est pas récupéré. Par contre, les régurgitations ne sont pas éliminées. Ce type de saignée, à condition d'être acceptée par les services vétérinaires, pourrait être une solution intéressante pour la récupération du sang d'ovins. La faible quantité de sang récupérable par animal rend économiquement inintéressantes les autres méthodes (Tableau 13).

On distingue classiquement deux classes de sang : le sang alimentaire et le sang industriel à destinations diverses (alimentation animale, oenologie, colle, béton...). Il n'existe pas actuellement de normes bactériologiques pour le sang alimentaire. Si l'on raisonne par analogie avec les viandes hachées (flore aérobie mésophile totale autorisée : 500.000 germes/gramme) et que l'on compare ces normes avec les résultats obtenus sur du sang recueilli dans des seaux et conservés 24 heures à + 2°C (2.000 à 40.000 germes/g), on peut en déduire que l'utilisation du trocart de saignée ou de l'entonnoir ne sera pas obligatoire pour obtenir du sang alimentaire.

La collecte hygiénique du sang peut parfaitement être effectuée dans des collecteurs fixes pour des animaux de format homogène ou dans des collecteurs mobiles articulés.

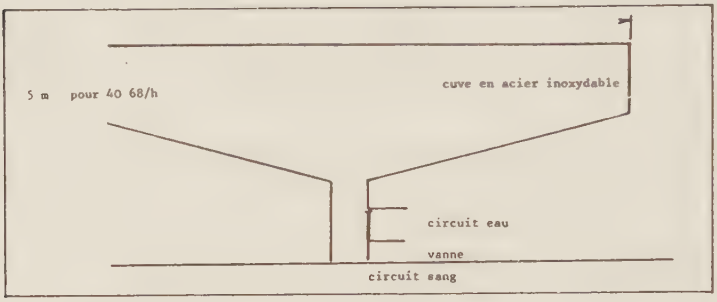



Figure 4

Auge de saignée (42)

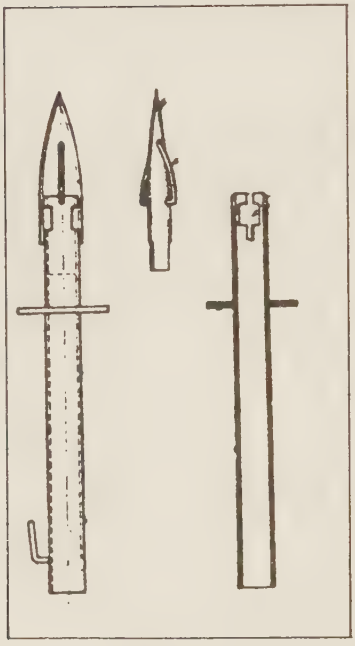


Figure 5

Trocart simple (Beck et Henkel) (42)

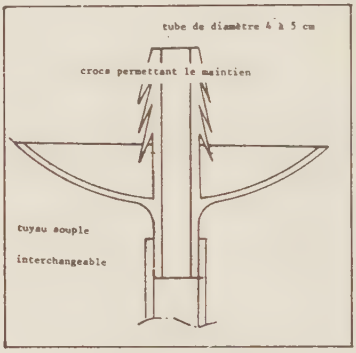



Figure 6

Entonnoir de saignée (42)

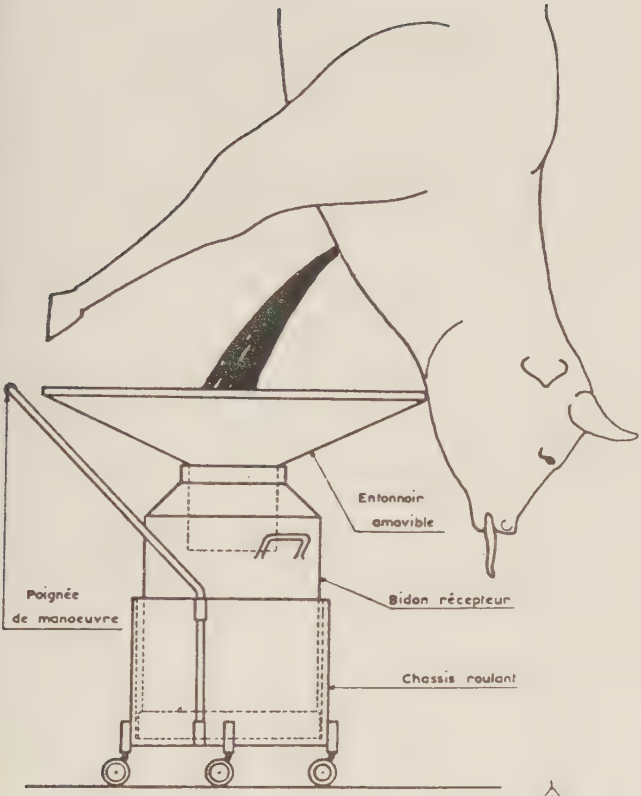



Figure 7

Collecteur mobile de saignée (42, 47)

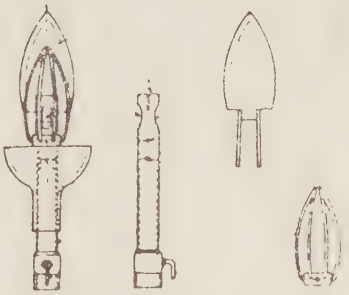
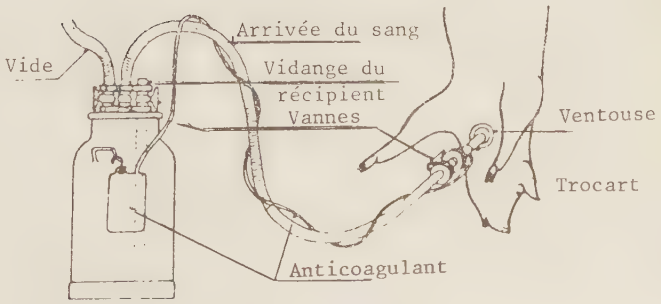
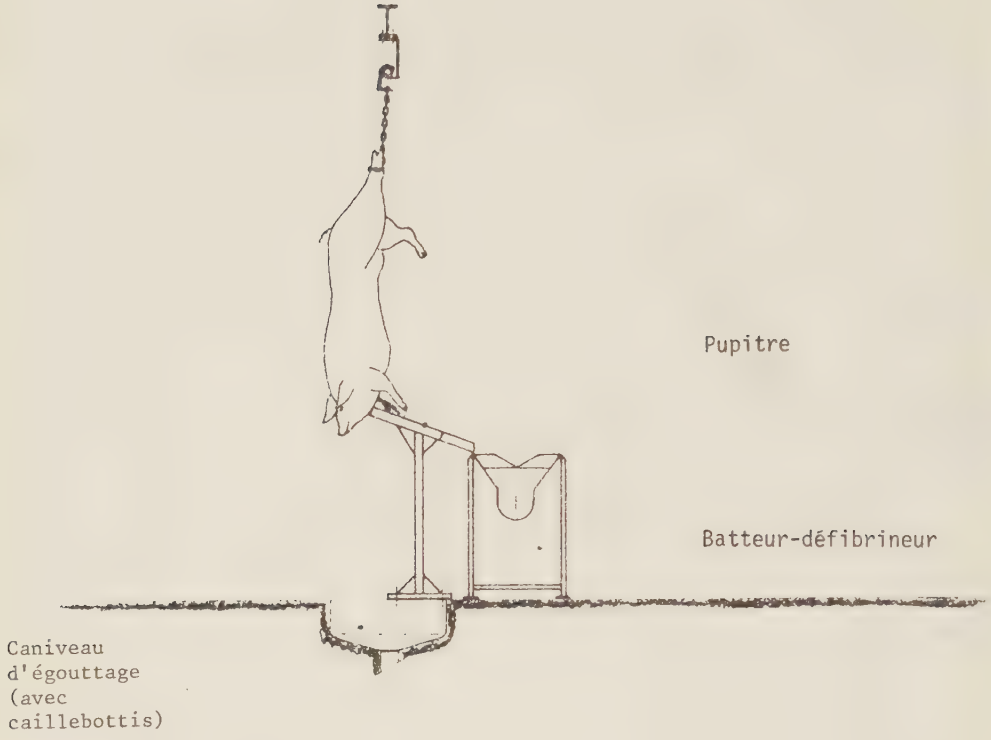


Figure 8

Trocardage sous vide avec anticoagulant (Baud) (42)





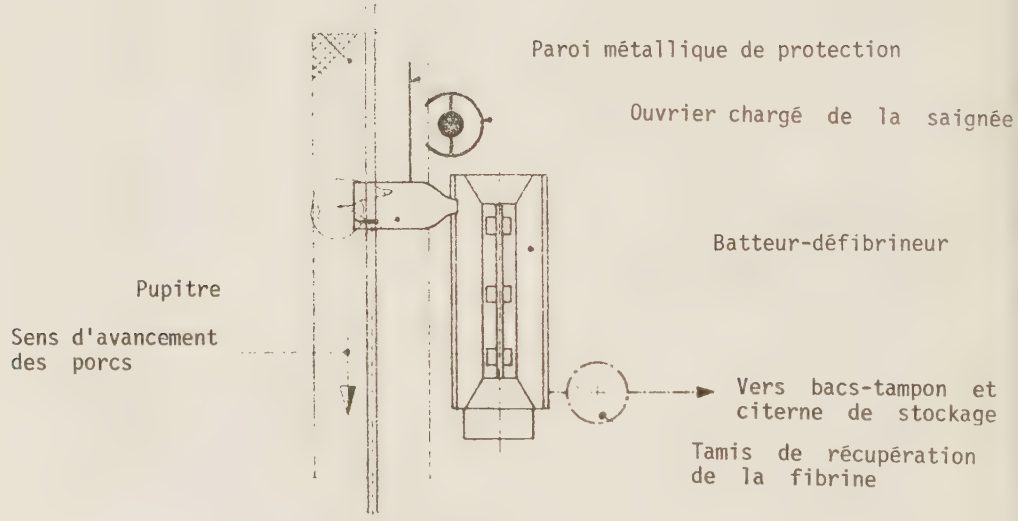



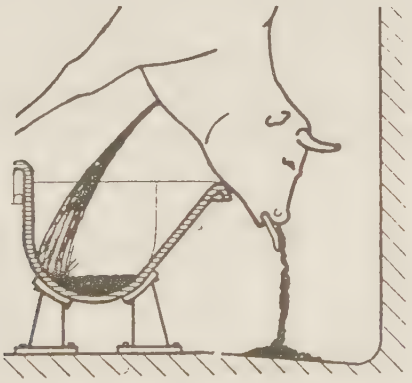

Figure 9

Receveur hygiénique de saignée
(échelle : 1/50) (47)

Tableau 13

Avantages et inconvénients des différents matériels de collecte (42)

| mode de collecte | Pollutions | | | quantités récupérées | possibilités de différenciation | espèces animales concernées |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Batériologique | dilution par l'eau | particules solides | | | |
| Aire de saignée | +++ | +++ | +++ | 95 % | non | toutes |
| Auge à saignée | ++ | + | + | 80 à 95 % | non | toutes |
| Collectpur | ++ | + | + | 70 à 80 % | oui | gros bovins mais surtout veaux et porcs |
| Collecteur mobile | ++ | + | + | 50 à 60 % | oui | gros bovins |
| Entonnoir | 0 | 0 | 0 | 50 à 60 % | oui | gros bovins, veaux, porcs |
| Trocard | 0 | 0 | 0 | 50 à 80 % | Oui | gros bovins, veaux, porcs |
| Saignée horizontale | ++ | 0 à + | 0 à + | 70 à 80 % | oui | ovins, porcs |



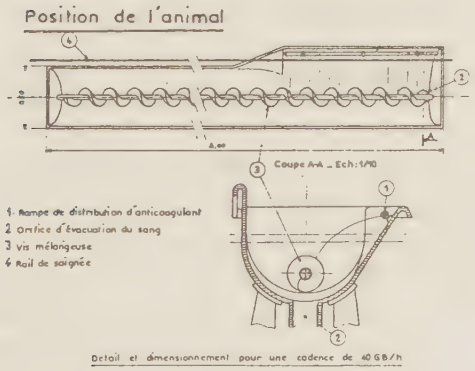



Figure 10

Collecteur de saignée (42)

## II. - TECHNIQUES DE TRAITEMENT

### A. - TRAITEMENTS ENVISAGEABLES

Il s'agit ici des traitements que l'on peut faire à l'abattoir ou dans les usines de premier traitement qui vendent ensuite leurs produits aux utilisateurs.

#### 1. - La séparation ou concentration

On sépare le sang en deux phases par un moyen physique ou mécanique.

1.1. - La centrifugation permet de séparer deux phases utilisées séparément : le plasma et le cruor. Elle s'effectue après récolte sur anticoagulant chimique ou défibrination mécanique et n'est justifiée qu'avec un sang de qualité alimentaire.

1.2. - La séparation après coagulation par la vapeur permet une concentration avec rejet d'une phase liquide polluée, mais moins que le sang entier.

1.3. - Les procédés de concentration (cryoconcentration, concentration par la chaleur : évaporation sous vide, ultrafiltration et osmose inverse) permettent de rejeter de l'eau pure. Ces procédés sont généralement le prélude à une déshydratation.

#### 2. - La décoloration : hydrolyse enzymatique

#### 3. - La conservation par le froid

Le sang peut être soit simplement réfrigéré et conservé alors à température positive (0 à + 4°C) ou congelé à - 20°C.

#### 4. - La déshydratation du sang

On peut effectuer la déshydratation du sang, du plasma ou du cruor. En général, on déshydrate des produits préconcentrés.

Le séchage consiste à éliminer par vaporisation l'eau des produits alimentaires (séchage par ébullition pour les cuiseurs et les sécheurs à cylindre ; séchage par entraînement pour l'atomisation). Il diffère en cela des techniques de déshydratation mécanique allant de la décantation statique à la centrifugation en passant par le pressage. Il est différent de la cryoconcentration qui utilise un autre changement d'état de l'eau : la solidification différentielle

(ou congélation sélective), qui est complétée par une séparation en général centrifuge.

La lyophilisation utilise encore un autre changement d'état de l'eau : la sublimation. La lyophilisation consiste en une congélation suivie d'une mise sous vide. Elle présente l'avantage de parfaitement conserver les qualités fonctionnelles et nutritionnelles du produit, mais elle est beaucoup trop coûteuse en investissement et en fonctionnement.

La déshydratation permet une conservation en ambiance normale prolongée si les poudres ne dépassent pas 10 % d'humidité (importance des conditions de stockage). Cette déshydratation permet le transport sous des volumes et poids aussi réduits que possible.

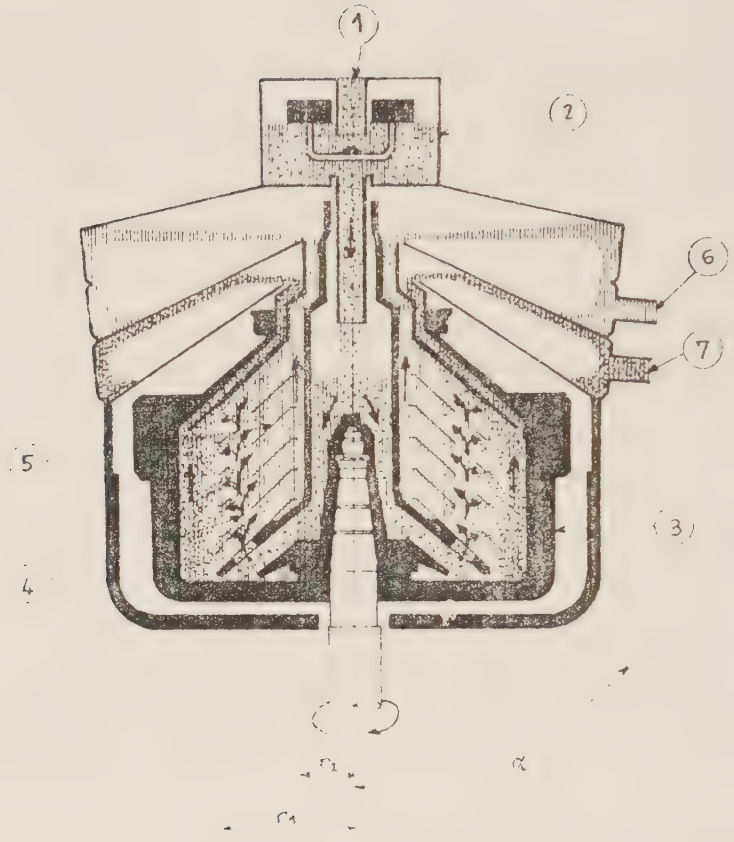
L'obtention de produits à humidité élevée (procédé Valori 5, procédé Ensillac) correspond à des procédés chimiques ou biologiques où la déshydratation n'a que peu ou pas d'importance.

Si l'on peut théoriquement classer les différents types de traitement du sang en deux grandes catégories : la congélation et la déshydratation, les conditions de récolte du sang (anticoagulant chimique, défibrination mécanique, adjuvant de conservation, coagulation libre) et les prétraitements (centrifugation, concentration, coagulation par la vapeur) aboutiront à de nombreux produits traités différant par la combinaison particulière de ces opérations.

## B. - TRAITEMENT DU SANG ALIMENTAIRE

### 1. - Centrifugation (6, 47)

Elle permet à partir d'un sang défibriné mécaniquement ou stabilisé par anticoagulant l'obtention du plasma (ou du plasma défibriné) et du cruor. Elle est fondée sur la différence de densité entre la phase liquide : le plasma (d = 1,03) et les éléments figurés en suspension (d = 1,09). Elle peut être définie comme une sédimentation accélérée des éléments les plus lourds. La séparation s'effectue en continu dans un bol tournant à grande vitesse dans lequel sont assemblés par empilement plusieurs disques coniques le cloisonnant (Fig. 11). La force centrifuge entraîne les globules vers l'extérieur et le bas des disques, donc à la périphérie du bol, tandis que le plasma s'oriente vers le centre du bol. Etant donné les caractères physico-chimiques du sang, la séparation est meilleure à chaud qu'après réfrigération (le froid augmente la viscosité) mais dans un souci de qualité bactériologique, il faut cependant prévoir une réfrigération à + 2°C avant toute séparation.




1: Alimentation en sang entier

2: Régulation par flotteur

3: Bol tournant

4: Trou de distribution

5: Disque conique

6: Sortie du plasma

7: Sortie du cruor

Figure 11

Séparateur centrifuge (ALFA-LAVAL)
(47)

2. - Congélation

a) La congélation en pains (6)

Dans ce cas, la matière première peut être du sang entier alimentaire ou industriel, comme du plasma ou du cruor. La congélation s'effectue dans un tunnel de congélation à l'abattoir. Le sang est soit déposé sous pellicule plastique, ou dans des bacs et introduit dans le tunnel de congélation où règnent une température de - 35°C et une ventilation de 2 à 3 m/s. Au bout de 24 heures maximum, la température à coeur des "pains" de sang est de -20°C et le démoulage s'effectue pour les bacs. Pour cela, on plonge les bacs dans de l'eau très chaude (70°C). Le démoulage est alors très facile. On obtient des pains congelés nus d'environ 20 kilogrammes que l'on entrepose en chambre froide.

b) Congélation en paillettes (6)

Ici, seul le plasma de qualité alimentaire ou un concentré de celui-ci est utilisé afin de faciliter son incorporation aux produits de base de charcuterie et d'éviter les inconvénients d'ordre microbiologique inhérents à la décongélation en pains. Le principe consiste en une distribution du produit sur une surface froide qui est ensuite détachée après congélation par un système racleur (système de marque North Star et Rota Freeze).

3. - Concentration sur membranes : U.F. et O.I. (6, 47, 55)

L'ultrafiltration et l'osmose inverse utilisent les propriétés qu'ont certaines membranes de ne se laisser traverser que par des molécules dont la masse est inférieure à un seuil de coupure déterminé.

Dans une cuve séparée en deux compartiments par une membrane permsélective (ou semi-perméable), avec deux solutions de concentration différente, le transfert d'eau de la solution la moins concentrée à la solution la plus concentrée se produit : c'est le phénomène d'osmose. La diffusion de l'eau dans le sens inverse n'est possible que par application d'une pression supérieure à la pression osmotique de la solution la plus concentrée : c'est le principe de l'osmose inverse (membrane de haute sélectivité : acétate de cellulose, PM $\simeq$ 500) et de l'ultrafiltration (membrane à seuil de coupure pour PM $\simeq$ 15.000).

L'étude du C.T.G.R.E.F. conclut à une concentration de plasma de bovin avec respect des propriétés recherchées des protéines en alimentation humaine. Cette technique n'est pas rentable en vue de l'utilisation en alimentation animale.

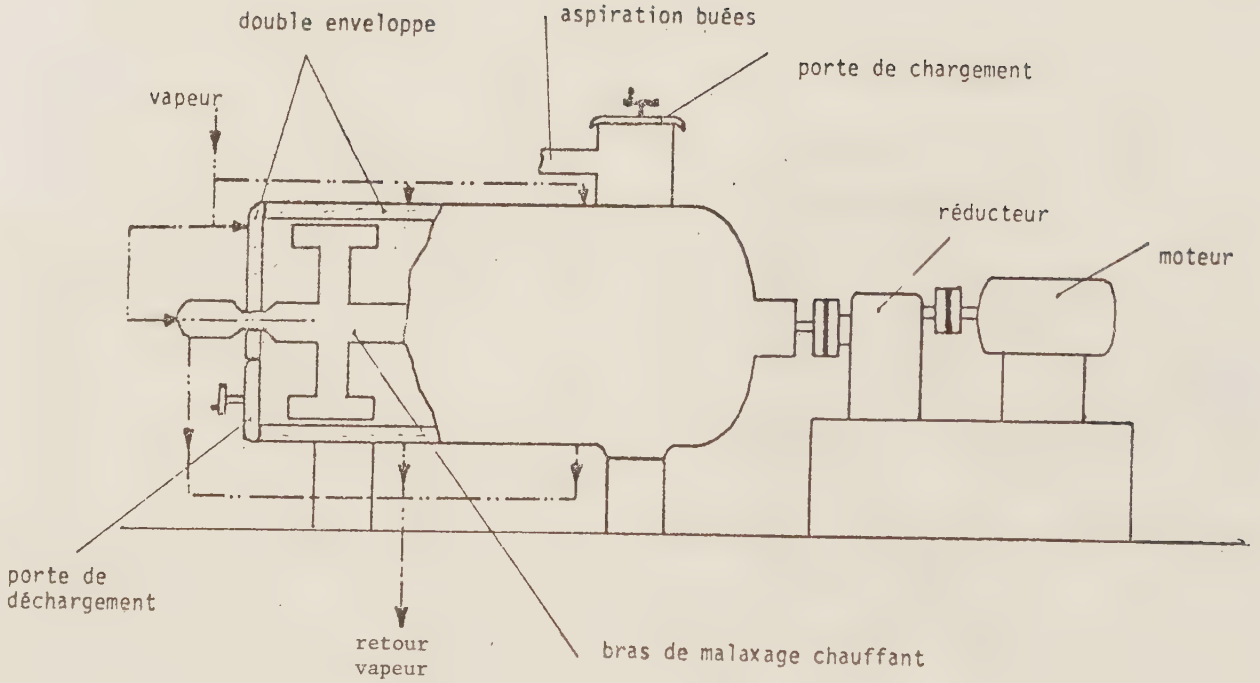



Figure 12

Cuiseur à sec (54)

4. - Décoloration enzymatique (47)

La couleur rouge du sang est un handicap à son utilisation en alimentation humaine, mais aussi en alimentation des animaux de compagnie et du bétail. Cette couleur rouge est due à l'hémoglobine présente dans les globules rouges. L'hémoglobine se compose d'une protéine : la globine, et d'un composé ferreux-ferrique : l'hème ; la globine seule étant incolore, la décoloration aura donc pour but de séparer l'hème. C'est ainsi que l'on peut réaliser au moyen d'une hydrolyse enzymatique suivie d'un passage sur charbons activés, la décoloration par cassage de l'hémoglobine de cruor préalablement hémolysé. A notre connaissance, ce procédé n'a pas encore fait l'objet d'un développement industriel économique fiable et susceptible d'être mis en oeuvre à l'abattoir. La firme danoise Nutridan Engineering a développé et commercialisé un appareil qui automatise en continu la production d'un produit de sang entier ou de cruor sans coloration notable. Ceci correspond plutôt à un camouflage de la couleur suite à l'incorporation à un mélange de saindoux et de caséinate.

C. - TRAITEMENT DU SANG INDUSTRIEL

1. - Déshydratation en vue de l'obtention de farines (produit à environ 10 % d'humidité)

On peut admettre un rendement moyen de 18,5 % (1.000 kg de sang industriel à 83 % d'eau permettent de récupérer 185 kg de farine à 8 % d'eau).

a) Cuiseur en voie sèche de type discontinu (6, 43, 54, 57)

Le procédé par voie sèche résulte de l'action indirecte de la vapeur qui circule dans les doubles parois (et souvent dans les bras malaxeurs chauffants) d'un cuiseur (Fig. 12). Après aspiration et condensation des vapeurs, un séchage progressif est réalisé à l'intérieur du cuiseur.

Dans les cuiseurs classiques, le traitement dure 7 heures et pose des problèmes de corrosion, de colmatage (croûtage du sang) et la qualité de la farine n'est pas satisfaisante en général pour une bonne utilisation en alimentation animale.

Les cuiseurs adaptés sont plus spécialisés que les précédents au séchage du sang. Au cours du traitement, la vapeur est d'abord introduite directement et jusqu'à une température égale à 100°C puis 125°C, puis la stérilisation intervient sous pression. La température s'élève alors à 130-140°C pendant 15 à

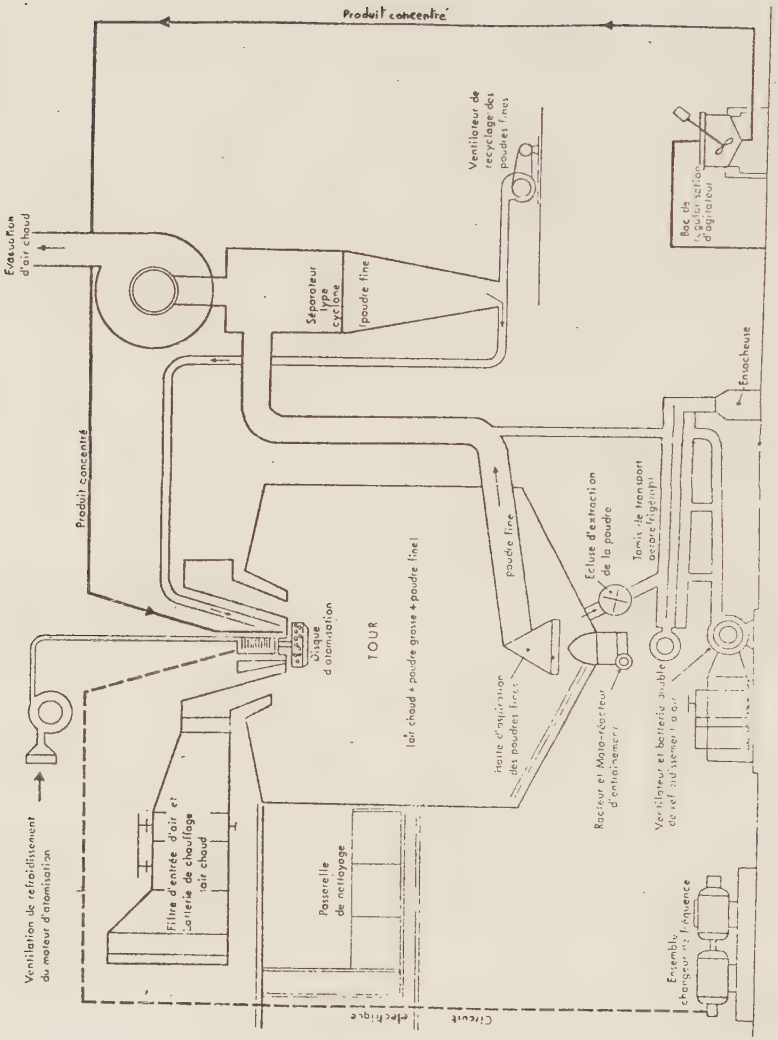



Figure 13

Schéma de fonctionnement d'une tour d'atomisation (27)

20 minutes. Enfin, après détente, la mise sous vide partiel intervient et l'injection de vapeur dans la double enveloppe et le bras rotatif chauffant permettent de réduire la durée de traitement à 4 heures, et d'obtenir une farine de meilleure qualité et de composition plus constante utilisable en alimentation animale.

b) Atomisation (procédé Spray) (6, 27, 43, 54, 57)

Préalablement à l'atomisation, le sang peut être concentré sous vide afin d'obtenir un produit contenant environ 40 % de matière sèche. Le matériel utilisé est un concentrateur à flots tombants et double effet.

L'atomisation réalise un séchage en continu. Le principe général consiste en la pulvérisation du sang dans un courant d'air chaud qui apporte les calories nécessaires à l'évaporation de l'eau contenue. La température et le débit d'air sont tels que l'évaporation est instantanée (le sang est séché par convection) (Fig. 13).

Les différentes phases de l'atomisation sont :

- La pulvérisation en brouillard :
  - soit par passage dans une buse sous très forte pression,
  - soit par chute sur un disque tournant à grande vitesse (turbine) qui par la force centrifuge réduit le liquide en fines gouttelettes.

- Séchage du sang dans une tour cylindrique isolée. L'air chaud (200°C et plus) est pulsé face à la buse de pulvérisation et le sang est instantanément réduit en poudre. Cette poudre est récupérée à la base de la tour.

- Séparation de l'air et de la poudre de sang dans des cyclones de séparation. Cette poudre est ensuite refroidie dans un courant d'air traité à degré hygrométrique connu de façon à ne pas réhumidifier le produit obtenu.

La farine obtenue est de bonne qualité car le produit au cours du traitement n'atteint qu'une température de 80°C. Comme il n'existe pas de phase de stérilisation, la qualité du produit initial doit être irréprochable. Cette méthode est encore peu utilisée du fait de son prix de revient élevé. Le séchage à billes (6) permet l'obtention d'une poudre de sang de qualité comparable à celle issue d'un séchage Spray (humidité 7 %, protéines brutes 89 %). Cette technique demande une bonne qualité de sang, et n'existerait pas en France.

c) Les sécheurs à cylindre

Les sécheurs à cylindre classiques (procédé Hatmacker) ne sont plus utilisés car ils ne donnent pas un produit de qualité (présence de deux cylindres avec formation de bourbier ; système d'encollage par rouleau ou bac trempant, épaisseur des produits obtenus trop importante, temps de séchage trop long, dénaturation des protéines...).

Actuellement, la Société DUPRAT propose un nouveau procédé expérimenté par l'A.D.I.V. (44). Le sécheur, dérivé des appareils Hatmacker, est constitué par :

- un cylindre tournant chauffé intérieurement par la vapeur,
- un système d'alimentation comprenant un filtre, une cuve tampon, une pompe Moineau,
- un système d'application du sang sur le cylindre composé de buses de pulvérisation à jet plat et d'un carter de récupération des égouttures,
- un système de raclage et de récupération du film de produit séché,
- un système de traitement du produit sec : broyeur ou floconneuse,
- une hotte d'aspiration des buées supportant un ensemble de lavages.

La modification fondamentale par rapport aux sécheurs à cylindre classiques réside dans l'alimentation par pulvérisation sur une génératrice du cylindre. Ceci permet de :

- diminuer considérablement la dispersion des temps de séjour par rapport aux modes d'alimentation habituels (bourbiers, cylindres, encolleurs) et donc de limiter les dénaturations des protéines) ;
- réduire le temps de séchage (soit le temps de contact produit-cylindre) à 1 ou 2 secondes. Les temps habituels varient de 30 secondes à une minute.

De ce fait, les poudres obtenues présentent de bonnes qualités de couleur et de digestibilité (92 à 96 % de digestibilité par la méthode dite "à la pepsine"). La solubilité des poudres obtenues est inférieure à celle des poudres atomisées. Le séchage sur cylindre n'assure pas une stérilisation du produit, et la collecte devra fournir un sang liquide de qualité. Le séchage peut être envisagé très rapidement après la saignée.

d) Déshydratation mécanique avant séchage (6, 54)

Ici, la déshydratation en continu se fait en deux temps. On réalise tout d'abord une déshydratation mécanique partielle par coagulation thermique des protéines du sang (injection de vapeur), suivie de la séparation de l'eau du coagulum par centrifugation. On peut ainsi éliminer 75 % de la phase liquide

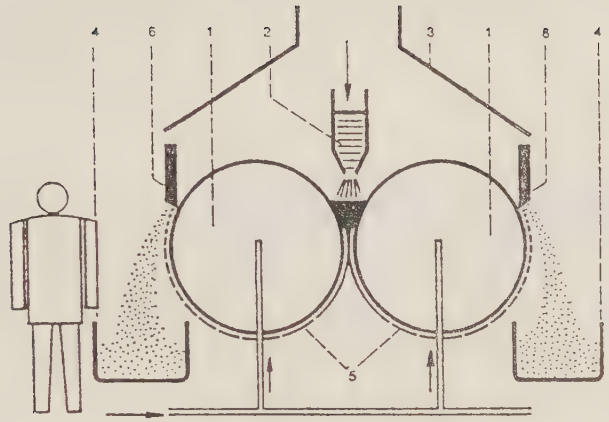



Figure 14

Sécheur à cylindre (ancien modèle) (9)

Principe du séchage du sang par le procédé Hatmacker

1 cylindre chauffant
2 gouttière de répartition du sang
3 hotte
4 gouttière de récupération du sang
5 pellicule de sang sec
6 couteau racleur

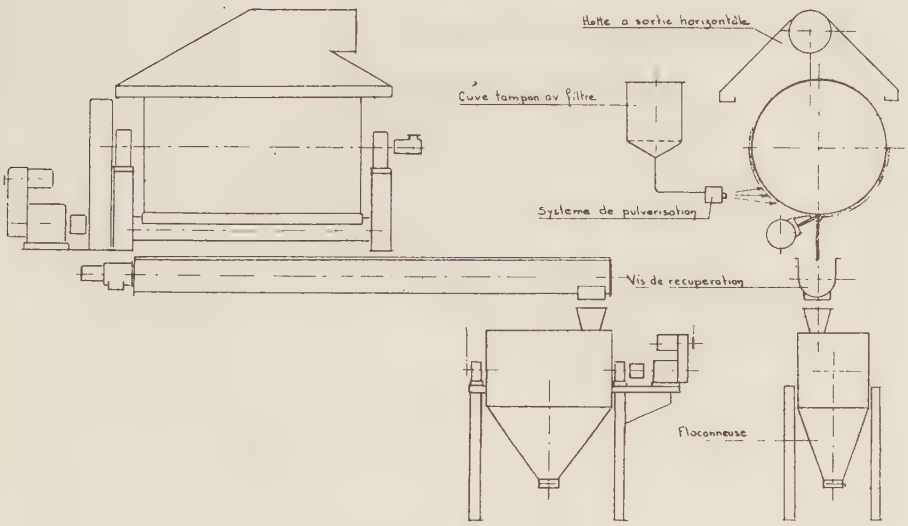



Figure 15

Sécheur à cylindre (44)
(d'après la Société DUPRAT)

présente et procéder dans un deuxième temps au séchage du sang, partiellement déshydraté dans un cuiseur ou un séchoir rotatif (à disques ou tubulaire) (Fig. 16 et 17).

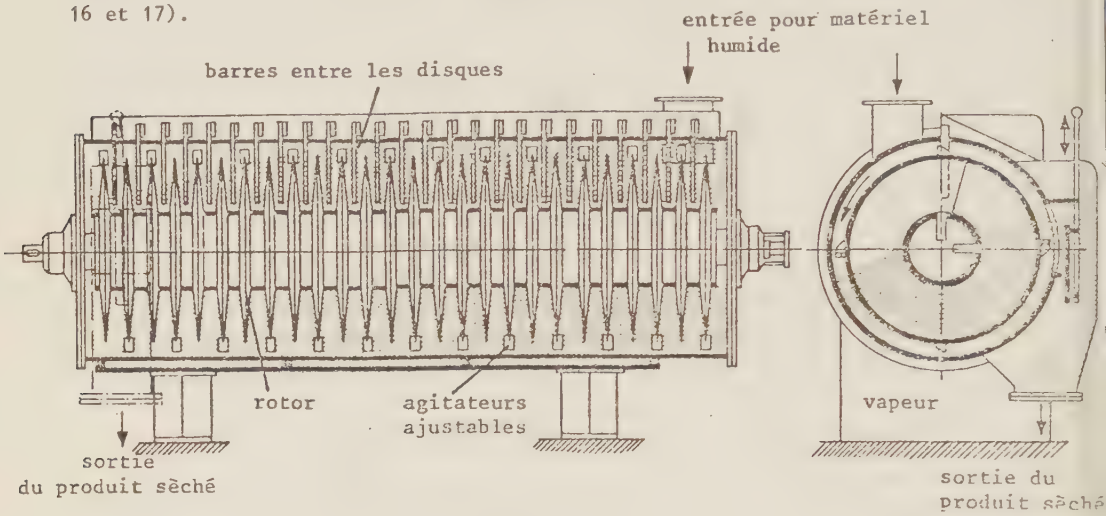



Figure 16

Sécheur rotatif ROTADISC (54)

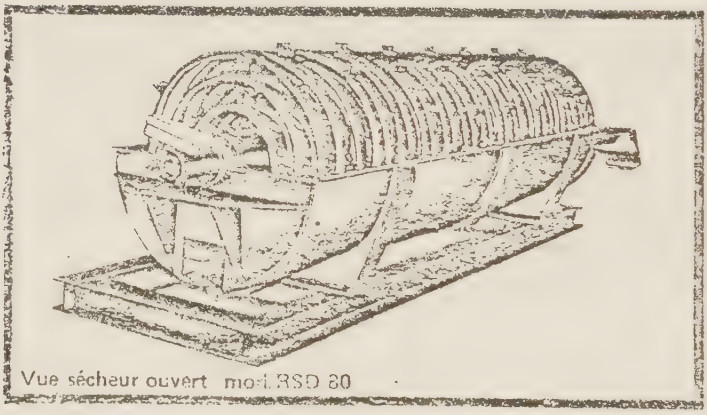



Figure 17

Sécheur à faisceau tubulaire (54)

Le procédé Centriblood (Fig. 18) permet d'obtenir un sang partiellement déshydraté ne contenant plus que 15 à 20 % de l'eau initiale et pouvant être séché en continu.

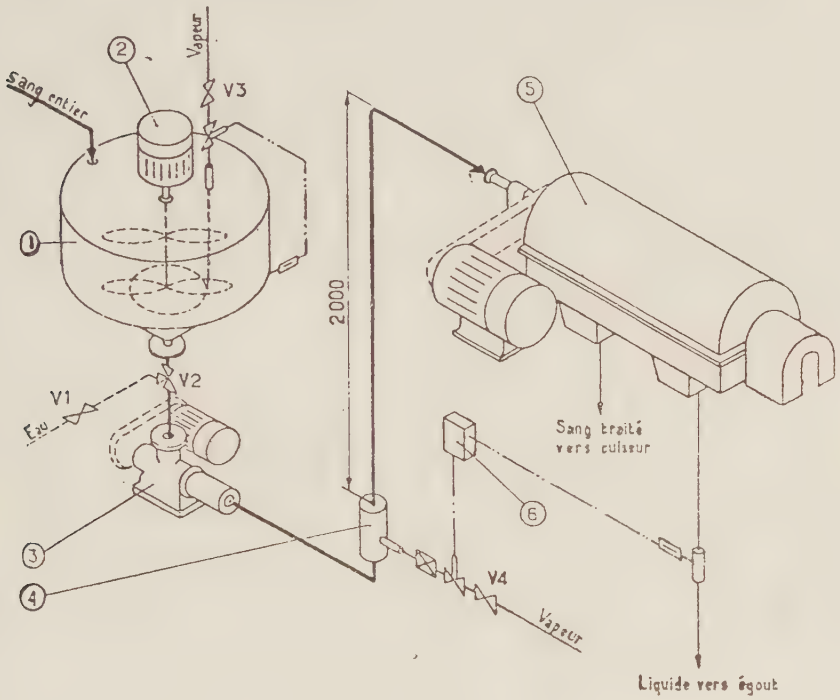



Figure 18

Traitement du sang. Atelier Centriblood (6)

e) Le traitement par micro-ondes (ondes hertziennes) (6)

Il apparaît certain qu'il n'est pas rentable d'extraire en totalité l'eau de constitution du sang par micro-ondes. Toutefois, les ondes hertziennes pourraient être utilisées pour la stérilisation des produits finis. Les analyses bactériologiques faites à l'issue du traitement par micro-ondes d'une farine de sang atomisée (séchage Spray) ont donné les résultats suivants :

| | Nombre de germes spécifiques | Nombre de germes après 3 mn à la fréquence 2.400 GHz |
|---|---|---|
| Germes totaux | 1.000.000 | < 1 |
| Staphylocoques | 20.000 | < 1 |
| Streptocoques | 10.000 | < 1 |
| *Clostridium* | 10.000 | < 1 |

2. - Obtention de produits à humidité élevée

Face aux problèmes posés par les procédés de déshydratation (prix de revient des protéines suite à la consommation d'énergie, disponibilité des acides aminés des farines de sang), certains auteurs ont préconisé l'emploi de conservateurs chimiques (ou biologiques) autres que les anticoagulants classiques. Les différentes substances utilisables (voir annexe) doivent être dépourvues de toxicité pour l'animal, et n'avoir aucune incidence sur les qualités substantielles du sang. La législation française est très stricte à ce sujet : elle n'admet que les produits mentionnés sur une liste positive. Tout nouveau produit devra, en France, être l'objet d'une autorisation de la commission interministérielle et interprofessionnelle de l'alimentation animale.

a) Procédé Valori 5 (48, 49)

On ajoute au moment de la saignée 0,5 % d'éthylène diamine tétra-acétate disodique (EDTA $Na_2$). Cet additif empêche la coagulation du sang par complexation du calcium et a un effet anti-oxydant et bactériostatique permettant de conserver le sang liquide sans dénaturation au froid positif pendant une dizaine de jours.

Le sang du réservoir de stockage est pompé dans une auge chauffée à la vapeur d'eau où il est brassé lentement par une vis sans fin munie de racleurs. On observe progressivement sa transformation en phase gélatineuse puis grumeleuse au fur et à mesure de sa progression dans la vis. Après environ 30 minutes,

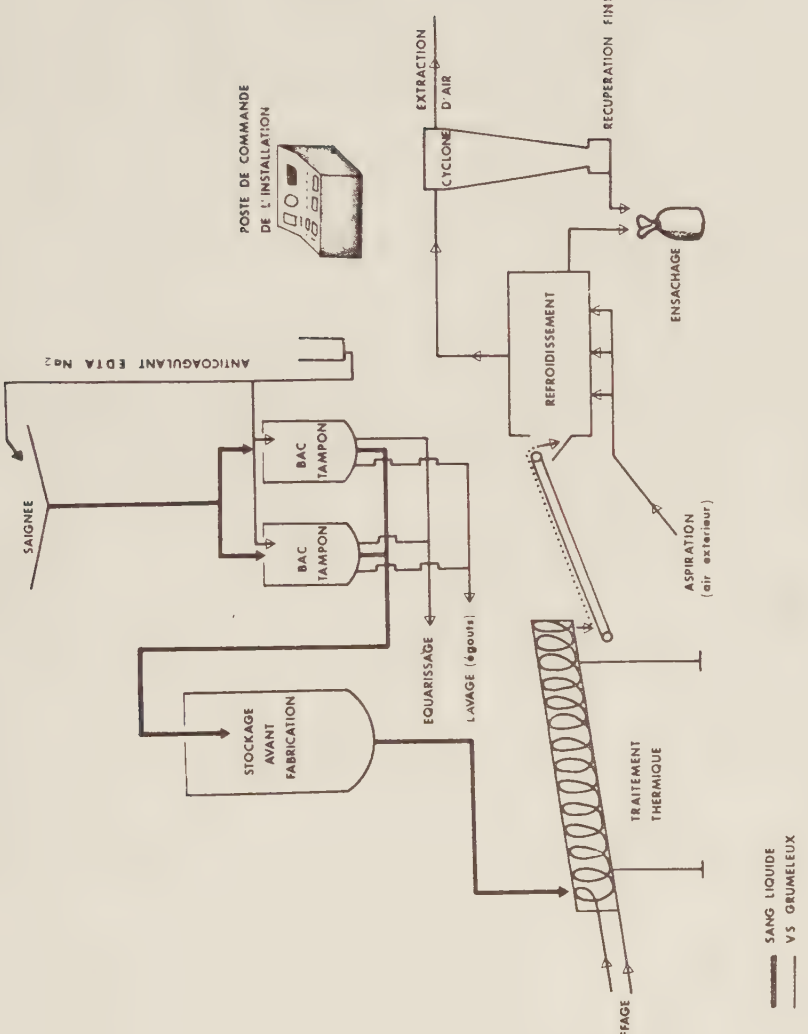



Figure 19

Procédé Valori 5 de collecte et de traitement du sang (48)

le produit sort à une température voisine de 100°C, très humide en surface, il tombe sur un tapis roulant qui le déverse dans un fluidiseur. Cet appareil sous l'effet combiné de l'air pulsé et des vibrations a pour effet de refroidir les grumeaux et de les sécher en surface afin d'éviter qu'ils ne s'amalgament. A la sortie du fluidiseur, le produit est mis en sacs plastiques que l'on peut stocker à température ambiante. Ce traitement permet l'obtention d'un produit solide, grumeleux, humide (plus de 75 % d'eau), de couleur marron foncé, pouvant se conserver plusieurs mois. Ce produit n'est pas miscible aux farines utilisées en alimentation animale.

L'absence de traitement thermique violent permet d'importantes économies d'énergie et peut-être aussi une bonne disponibilité des protéines. Ce procédé a actuellement en France une autorisation provisoire pour des essais effectués dans un atelier pilote industriel.

b) Procédé A.B.C. ou Ensillac (48, 49)

Ce procédé récent a été mis au point par les établissements SOULES. Le sang récupéré, au moment de la saignée, est déversé immédiatement dans un récipient muni d'un agitateur. A ce stade, on incorpore une solution de citrate de sodium à 400 g/l d'eau déminéralisée. Un litre de cette solution empêche la coagulation de 100 l de sang. Le conservateur "A.B.C. spécial sang" se présente sous la forme d'une poudre qui doit être délayée dans de l'eau sans chlore quelques heures avant d'être mélangée au sang. La dose de conservateur recommandée est de 7 % du volume du sang. L'eau sans chlore sera employée à la dose de 13 % du volume de sang.

L'addition au sang de la solution de conservation sera réalisée de façon très homogène en évitant une aération importante et une agitation tumultueuse.

Ce procédé biologique consiste en l'ensemencement par des ferments lactiques accompagnés d'un substrat alimentaire noble permettant leur développement rapide.

Le sang sera stocké en cuve close permettant l'échappement des gaz de fermentation. La durée de la fermentation lactique est de 5 à 10 jours suivant la température du milieu, mais le sang est cependant utilisable immédiatement. Le conservateur agit par abaissement de pH (pH du sang conservé = 4,7) et par effet antibactérien. Des échantillons conservés pendant 3 mois ont montré que le procédé Ensillac assure une bonne conservation du sang.

La forme liquide du sang alimentaire oriente son emploi vers les porcheries d'engraissement distribuant l'alimentation sous forme de soupe.

c) Autres traitements

WALKER additionne de la formaldéhyde (formol) à du sang entier avant d'effectuer un traitement à la vapeur. La concentration de formol à 40 % pour éviter la putréfaction est de 0,1 % à 5°C, de 0,65 % à 16°C pour une conservation d'environ 8 jours. Il semble qu'en augmentant la température et la durée de stockage, une quantité croissante de formaldéhyde soit nécessaire et se mélange aux protéines du sang. L'addition de formaldéhyde avant le traitement à la vapeur peut contribuer à la faible disponibilité de la lysine, surtout si le contact du sang brut et de la formaldéhyde dure plus de 15 minutes. Ce produit serait utilisable dans la ration des porcs jusqu'à 4 % de la matière sèche (62).

WALKER solidifie du cruor, obtenu par centrifugation de sang citraté, par addition de 3 % de son volume d'acide formique. Le produit réduit en poudre ne contient que 33,8 % de matière sèche, 115 g de lysine par kg de matière sèche avec une disponibilité de 86 %. Ce produit a un pH de 3,6 et reste stable pendant 4 semaines à 17°C. Cette poudre peut être utilisée au taux de 5 % de la matière sèche dans les rations de porcs en croissance (63).

Troisième Partie

# U T I L I S A T I O N  D U  S A N G

# E N  A L I M E N T A T I O N  A N I M A L E

## I. - ANALYSES ET CONTROLE DES FARINES DE SANG

La publication officielle de l'Association des Contrôles Officiels Américains (A.O.A.C.) définit deux types de farines de sang : la farine de sang conventionnelle (déshydratation en cuiseur - "conventional cooker dried blood meal") et la farine de sang déshydratée par voie rapide ("flash dried blood meal") (14).

La farine de sang conventionnelle est produite à partir de sang frais et propre, à l'exclusion de tout autre matériel (poils, cornes, estomac, fèces, urine...) pouvant nuire à une bonne utilisation future. Le produit est en général de couleur brun sombre et plutôt insoluble dans l'eau.

La farine de sang déshydratée par voie rapide est produite à partir de sang frais et propre, à l'exclusion de tout autre matériel (poils, cornes, estomac, fèces, urine...) pouvant nuire à une bonne utilisation future. Une déshydratation partielle conséquente est effectuée par un procédé mécanique ou par condensation par cuisson. La masse semi-solide obtenue est ensuite déshydratée par voie rapide. La biodisponibilité minimale de la lysine est 80 %.

La farine de sang déshydratée par voie rapide doit être recherchée pour l'utilisation en alimentation animale.

### 1. - Morphologie

Les farines de sang se présentent sous forme de poudres farineuses, sans parties carbonisées, ni grumeaux, ni éléments étrangers. La couleur est de rougeâtre à brun sombre (en relation avec le traitement thermique, l'excès de séchage entraînera une couleur brun noir à noire). Les farines de sang ne doivent pas contenir de moisissures, ni avoir l'odeur de moisi. Elles ont une odeur et un goût caractéristiques (6, 9).

2. - Composition chimique

A côté des caractéristiques physiques, les déterminations chimiques habituellement effectuées sur les farines de sang (humidité, matières azotées totales, matières minérales, matières grasses) permettent une première appréciation grossière de leur qualité mais seront tout à fait insuffisantes pour rendre compte de leur valeur nutritionnelle (Tableau 14).

Les farines de sang se caractérisent par leur très grande richesse en protéines qui représentent 85 à 95 % de la matière sèche (soit 77 à 85 % du produit brut selon VIROBEN) (57).

Les farines de sang, représentant neuf méthodes de séchage, analysées par KRAMER et coll. en 1978 (25), contenaient de 89,3 à 95,6 % de matière sèche, et de 87 à 100,4 % de matière azotée totale (N x 6,25).

Des déterminations occasionnelles permettent d'apprécier la teneur en vitamines et en minéraux des farines de sang (Tableaux 15 et 16). La valeur énergétique pour les volailles, le porc et les ruminants peut aussi être envisagée et comparée à celle d'autres produits d'origine animale (Tableaux 17 et 18).

En plus d'une teneur remarquablement élevée en protéines, la farine de sang est aussi très riche en acides aminés essentiels et surtout en lysine. Pour apprécier la farine de sang à sa juste valeur et prévoir la capacité du sang à remplacer le tourteau de soja, il est utile de s'intéresser aux aminogrammes de la farine de sang et des matières premières utilisées en alimentation animale.

Tableau 14

Caractéristiques principales des farines de sang

| % | (a)* | (b)* | (c)* | | | (d)* | (e)* | (f)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Moy. | Max. | Min. | | | |
| Humidité | 5 à 12 | 10 | 7,10 | 11,75 | 5,22 | 10,7 | 10,54 | 9,05 |
| Matières azotées totales (N x 6,25) | 82 (77 à 85) | 85 | 82,40 | 87,18 | 77,15 | 80,0 | 80,00 | 83,13 |
| Matières grasses | 1 | 1 | 0,52 | 1,60 | 0,10 | 1,0 | 0,13 | 0,92 |
| Matières minérales | 3,5 (2,7à6,3) | 4 | 3,05 | 5,47 | 2,26 | 4,40 | 4,62 | 3,97 |
| Cellulose | — | — | — | — | — | 1,00 | — | — |
| Glucide | — | — | — | — | — | — | 4,14 | — |

* (a) VIROBEN et DELORT-LAVAL (57) - (b) A.E.C. (1) - (c) FERRANDO et DRIEUX (15) - (d) Feedstuffs (14) - (e) SANTI et AMERIO (50) - (f) G.E.R.N.A. (17 bis)

Tableau 15

Teneur en vitamines des farines de sang

| mg/kg | PROTECTOR (44 bis) | A.E.C. (1) | Feedstuffs(14) |
|---|---|---|---|
| Vit. A | — | — | — |
| Vit. E | — | — | — |
| Vit. $B_1$ | 0,40 | 0,40 | 0,44 |
| Vit. $B_2$ | 1,50 | 2,00 | 1,50 |
| Acide pantothénique | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Vit. $B_6$ | 1,10 | 4,40 | — |
| Vit. $B_{12}$ | — | 44,00 | — |
| Vit. PP | 32,00 | 31,00 | 31,00 |
| Acide folique | 0,08 | 0,10 | 0,08 |
| Biotine | 0,04 | 0,08 | 0,08 |
| Choline | — | 750,00 | 990,00 |

Tableau 16

Composition minérale des farines de sang

| | VIROBEN et DELORT-LAVAL (57) | FERRANDO et DRIEUX (15) | Feedstuffs (14) | A.E.C. (1) | PROTECTOR (44 bis) |
|---|---|---|---|---|---|
| Macro-éléments (%) | | | | | |
| Ca | 0,20 | 0,33 | 0,28 | 0,30 | 0,10 |
| P | 0,20 | 0,25 | 0,22 | 0,25 | 0,18 |
| Cl | 0,60 | 0,14 | — | 0,30 | 1,56 |
| Na | 0,60 | 0,32 | 0,31 | 0,32 | 1,24 |
| K | — | 0,09 | 0,90 | 0,09 | 0,34 |
| Mg | — | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,026 |
| S | — | 0,28 | 0,32 | 0,32 | 0,60 |
| Oligo-éléments (ppm) | | | | | |
| Mn | — | — | 5,30 | 5,00 | 8,00 |
| Cu | — | — | 9,90 | 10,00 | 10,00 |
| Co | — | — | — | 0,08 | 0,08 |
| Fe | — | — | 380,00 | 3700,00 | 2000,00 |
| I | — | — | — | 0 | 0,80 |
| Se | — | — | — | 0,22 | 0,50 |
| Zn | — | — | 16,00 | 100,00 | 33,00 |

Tableau 17

Valeurs énergétiques des farines de sang

| | Feedstuffs (14) | A.E.C. (1) | PROTECTOR (44 bis) |
|---|---|---|---|
| **Volailles** | | | |
| EM (Kcal/kg) | 2.845 | 2.760 | 2.870 |
| EP (Kcal/kg) | 2.222 | — | — |
| **Porcs** | | | |
| ED (Kcal/kg) | — | 3.650 | 4.123 |
| EM (Kcal/kg) | 1.927 | 3.060 | — |
| EN (Kcal/kg) | — | 1.800* | 2.004 |
| TDN | 61 % | — | — |
| **Ruminants** | | | |
| TDN | 60 % | 80 % | 78,6 % |
| EN (UF/kg) | — | 1,05 | — |
| (UA/kg) | — | 0,75 | — |
| $UF_L$ | — | — | 1,09 |
| $UF_V$ | — | — | 1,03 |

ED = énergie digestible
EM = énergie métabolisable
EN = énergie nette
EP = énergie productive pour les volailles
TDN = total digestible nutrient

* 1.800 (0,84 UF/kg)

Tableau 18

Valeurs énergétiques comparées de produits d'origine animale (9)

| Matières premières | Volaille | Porc | | Ruminant | | Lapin |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | EM kcal MJ | ED kcal MJ | EN kcal MJ | UFL - | UFV - | ED kcal MJ |
| aindoux | 8376<br>35,05 | 7939<br>33,22 | 7689<br>32,17 | 2,71<br>- | 2,77<br>- | -<br>- |
| uif | 7382<br>30,89 | 7586<br>31,74 | 7348<br>30,74 | 2,71<br>- | 2,77<br>- | -<br>- |
| arine de sang | 2870<br>12,01 | 4123<br>17,25 | 2004<br>8,38 | 1,09<br>- | 1,03<br>- | -<br>- |
| iande 45 % | 2088<br>8,74 | 2822<br>11,81 | 1703<br>7,13 | 0,86<br>- | 0,84<br>- | 2667<br>11,16 |
| iande 50 % maigre | 2154<br>9,01 | 2932<br>12,27 | 1672<br>7,00 | 0,85<br>- | 0,83<br>- | 2721<br>11,38 |
| iande 50 % grasse | 2631<br>11,01 | 3360<br>14,06 | 2105<br>8,81 | 0,97<br>- | 0,95<br>- | 3244<br>13,57 |
| iande 60 % | 2780<br>11,63 | 3711<br>15,53 | 2132<br>8,92 | 1,03<br>- | 1,00<br>- | 3267<br>13,67 |
| retons industriels, dégraissés | 3386<br>14,17 | 4283<br>17,92 | 2497<br>10,45 | 1,12<br>- | 1,07<br>- | 3878<br>16,23 |
| retons gras | 4045<br>16,92 | 4928<br>20,62 | 3163<br>13,23 | 1,29<br>- | 1,24<br>- | 4642<br>19,42 |
| oudre d'oeufs | (5072)<br>(21,22) | 6282<br>26,29 | 4945<br>20,69 | 1,93<br>- | 1,97<br>- | -<br>- |
| arine de plumes hydrolysées | 2414<br>10,10 | 4252<br>17,79 | 2125<br>8,89 | 1,10<br>- | 1,04<br>- | -<br>- |

3. - Valeur nutritive

a) Aminogramme

La qualité nutritive des farines de sang tient à leur composition en acides aminés (Tableau 19).

La somme des acides aminés indispensables est en moyenne de 58 % du total des acides aminés (53 à 60 %). Si l'on compare le sang avec quelques protéines de structures (muscle : 54 à 58 % d'acides aminés indispensables ; élastine 40 %, collagène 25 %) et d'autres sous-produits animaux (plumes 45 à 50 % ; cadavres entiers 45 % ; boyaux 41 % ; os 35 %), on met en évidence que le sang est le sous-produit animal le plus riche en acides aminés indispensables (6, 57) (Tableau 20).

La comparaison avec les principales matières premières constituant les aliments composés montre que le sang est le produit le plus riche en azote et en acides aminés indispensables (Tableau 21).

Les farines de sang sont en moyenne (6) :

- 1,75 fois plus riches en protéines que les tourteaux,
- 9,8 fois plus riches en protéines que les céréales,
- 5,2 fois plus riches en protéines que les végétaux déshydratés,
- 1,8 fois plus riches en protéines que les farines de viande et de poisson.

Il faut remarquer la richesse en lysine (7,5 % du produit brut, soit 8 à 10 % de la matière azotée totale), en valine, en histidine et en leucine.

La composition en acides aminés indispensables d'une protéine peut être comparée à la composition en acides aminés de la protéine de l'oeuf prise pour référence.

Ainsi, on peut définir l'index d'Oser (57) :

$$\text{Index d'Oser} = \sqrt[n]{\frac{\text{Lys éch}}{\text{Lys oeuf}} \times \frac{\text{His éch}}{\text{His oeuf}} \times \ldots}$$

$n$ = nombre d'acides aminés indispensables pris en considération

Comparaison de quelques index d'oser

référence : oeuf = 100

| | |
|---|---|
| Animaux entiers... 73 | Cretons... 60 |
| Boyaux..... 65 | Sang..... 76 |
| Os..... 50 | Plumes.... 63 |

Tableau 19

Composition en acides aminés indispensables des farines de sang selon différents auteurs

| en g pour 100 g de protéines (ou 16 g d'azote) | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) | (f) | (g) | (h) | (i) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thréonine | 4,8 ( 4,7- 4,9) | 4,00 | 4,40 | 4,72 | 6,13 | 4,1 | 4,3 | 3,40- 4,98 | 4,8 |
| Valine | 8,5 ( 6,9- 9,4) | 8,45 | 9,29 | 9,81 | 10,15 | 7,7 | 8,5 | 8,95-10,27 | 9,4 |
| Isoleucine | 1,3 ( 0,6- 1,9) | 1,15 | 1,07 | 1,26 | 1,17 | 1,1 | 1,0 | 0,85- 1,53 | 0,6 |
| Leucine | 12,9 (10,9-14,4) | 13,45 | 13,02 | 14,31 | 11,44 | 11,9 | 13,4 | 12,93-13,96 | 16,4 |
| Tyrosine | 3,1 ( 3,0- 3,2) | 2,90 | 2,89 | — | 3,19 | 2,2 | 2,0 | 2,55- 3,09 | 3,0 |
| Phénylalanine | 5,9 ( 3,4- 7,1) | 7,00 | 7,20 | 8,17 | 7,82 | 7,3 | 7,0 | 6,96- 7,99 | 3,3 |
| Lysine | 9,1 ( 8,0-10,0) | 9,47 | 9,47 | 9,44 | 7,85 | 8,8 | 9,7 | 8,26-10,59 | 8,0 |
| Histidine | 5,9 ( 4,1- 7,9) | 6,90 | 6,35 | 6,28 | 4,66 | 5,5 | 6,6 | 4,21- 6,42 | 7,9 |
| Arginine | 4,5 ( 4,2- 4,8) | 4,50 | 4,32 | 4,85 | 3,58 | 4,2 | 3,9 | 3,91- 4,55 | 4,2 |
| Méthionine | 1,0 ( 0,9- 1,2) | 0,85 | 1,20 | 1,79 | 1,54 | 1,1 | 1,2 | 0,56- 1,05 | 0,9 |
| Cystine | 1,0 ( 0,9- 1,2) | 1,30 | 0,87 | 0,11 | 1,68 | 1,8 | 2,8 | 0,65- 1,27 | 1,0 |
| Tryptophane | — | 0,60 | 1,22 | — | 1,50 | 1,3 | 1,2 | — | 1,3 |
| Somme des acides aminés indispensables (g/100 g protéines) | 58,0 (53,0-60,0) | 60,57 | 61,30 | 60,74 | 60,71 | 57,0 | 61,6 | 55,30-62,65 | 60,8 |
| M.P.B. (N x 6,25) % du produit brut | 82,0 (77,0-85,0) | 85,80 | 85,00 | 88,20 | 23,20 | — | — | 81,40-89,70 | 90,0 |

(a) VIROBEN et DELORT-LAVAL (57) - (b) RERAT et coll. (46) - (c) A.E.C. (1) -

(d) WAHLSTROM et LIBEL (59) - (e) Sang Valori 5 (49) - (f) FERRANDO et DRIEUX (15) -

(g) SANTI et AMERIO (50) - (h) KRAMER et coll. (25) - (i) PROTECTOR (44 bis)

Tableau 20

Composition en acides aminés indispensables des principaux éléments composant les farines animales (en g pour 100 g de protéines ou 16 g d'azote) (57)

| Acides aminés indispensables | Os | Boyaux | Cretons | Sang | Plumes | Cadavres entiers |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Thréonine | 2,75 (1,8-3,2) | 3,9 | 3,3 (3,2-3,7) | 4,8 (4,7-4,9) | 4,4 (3,9-5,1) | 4,1 (4,0-4,2) |
| Valine | 3,75 (2,5-5,4) | 4,6 | 4,6 (3,7-5,0) | 8,5 (6,9-9,4) | 7,0 (4,3-8,0) | 5,0 (4,9-5,3) |
| Isoleucine | 2,5 (1,7-3,5) | 3,0 | 2,9 (2,2-3,2) | 1,3 (0,6-1,9) | 4,3 (2,8-5,0) | 3,4 (3,1-3,7) |
| Leucine | 5,0 (2,2-7,0) | 6,8 | 6,0 (5,7-6,7) | 12,9 (10,9-14,4) | 8,0 (6,7-9,1) | 7,6 (7,2-8,0) |
| Tyrosine | 1,75 (1,0-3,3) | 2,3 | 2,2 (2,0-2,5) | 3,1 (3,0-3,2) | 2,5 (2,3-2,7) | 2,7 (2,5-2,8) |
| Phénylalanine | 2,9 (2,3-3,9) | 3,6 | 3,3 (3,2-3,5) | 5,9 (3,4-7,1) | 4,1 (2,9-5,0) | 3,8 (3,5-4,2) |
| Lysine | 4,5 (4,0-5,5) | 5,6 | 5,4 (5,2-5,9) | 9,1 (8,0-10,0) | 1,8 (1,2-2,7) | 6,9 (6,3-7,3) |
| Histidine | 1,3 (0,9-1,75) | 1,9 | 1,6 (1,5-1,8) | 5,9 (4,1-7,9) | 0,65 (0,5-1,0) | 2,7 (2,2-3,3) |
| Arginine | 6,5 (2,0-8,0) | 7,0 | 6,9 (6,6-7,2) | 4,5 (4,2-4,8) | 6,4 (5,4-7,2) | 6,7 (5,7-7,2) |
| Méthionine | 1,0 (0,5-1,75) | 1,4 | 1,4 (1,2-1,5) | 1,0 (0,9-1,2) | 0,55 (0,4-0,7) | 1,7 (1,6-1,9) |
| Cystine | 0,7 (0,5-1,6) | 1,1 | 0,8 (0,7-1,0) | 1,0 (0,9-1,2) | 5,0 (3,6-6,6) | 0,85(0,75-1,1) |
| Tryptophane | 0,2 | - | - | - | 0,5 | - |
| Somme des acides aminés indispensables | 35 (28-44) | 41 (37-43) | 38 (36-41) | 58 (53-60) | 47 (45-50) | 45 (44-47) |

Tableau 21

Composition en acides aminés indispensables des principales matières premières utilisées dans les aliments composés (6)
(en g pour 100 g de protéines ou 16 g d'azote)

| | Blé | Orge | Maïs | Arach | Soja | Tourn | Colza | Levures diverses | Farines viande | Farines poisson | Luzerne farine | Sang |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thréonine | 2,9 | 3,2 | 3,5 | 2,75 | 4,1 | 3,65 | 4,45 | 3,15-3,3 | 3,15-3,3 | 4,3 | 4,2 | 4,8 (4,7-4,9) |
| Valine | 4,85 | 4,95 | 5,05 | 4,6 | 5,3 | 5,6 | 5,25 | 4,5 -4,7 | 4,5 -4,7 | 5,5 | 5,45 | 8,5 (6,9-9,4) |
| Isoleucine | 3,8 | 3,7 | 3,9 | 3,7 | 5,0 | 4,65 | 4,05 | 4,4 -5,4 | 2,75-2,8 | 4,5 | 4,45 | 1,3 (0,6-1,9) |
| Leucine | 6,8 | 6,7 | 12,4 | 6,45 | 7,8 | 6,4 | 6,85 | 6,2 -7,65 | 5,7 -5,9 | 7,3 | 7,05 | 12,9(10,9-14,4) |
| Tyrosine | 3,1 | 3,35 | 4,6 | 4,37 | 3,85 | 2,75 | 3,15 | 3,2 | 1,9 -2,15 | 3,0 | 3,35 | 3,1 (3,0-3,2) |
| Phénylalanine | 4,7 | 5,6 | 5,1 | 5,5 | 5,15 | 4,85 | 4,0 | 3,45 | 3,1 -3,3 | 1,0 | 4,55 | 5,9 (3,4-7,1) |
| Méthionine | 1,8 | 2,25 | 2,2 | 1,1 | 1,5 | 2,25 | 2,15 | 1,3 -1,9 | 1,3 | 3,0 | 1,45 | 1,0 (0,9-1,2) |
| Cystine | 2,5 | 4,15 | 2,4 | 1,45 | 1,75 | 1,95 | 2,85 | 0,95-1,5 | 0,95-1,05 | 1,0 | 1,35 | 1,0 (0,9-1,2) |
| Lysine | 4,3 | 3,4 | 2,9 | 3,45 | 6,5 | 3,65 | 5,7 | 7,15-8,25 | 4,95-5,4 | 8,05 | 4,65 | 9,1 (8,0-10,0) |
| Histidine | 2,8 | 2,15 | 2,7 | 2,35 | 2,7 | 2,5 | 2,65 | 1,75-2,2 | 1,5 -1,75 | 2,35 | 1,95 | 5,9 (4,1-7,9) |
| Arginine | 2,3 | 4,7 | 4,8 | 11,35 | 7,4 | 8,5 | 6,1 | 4,15-5,6 | 6,65-6,95 | 5,55 | 4,15 | 4,5 (4,2-4,8) |
| Tryptophane | 4,7 | 4,7 | 0,7 | 0,9 | 1,25 | 1,2 | 1,25 | 0,95-1,15 | 0,45 | 0,9 | 1,45 | - - |
| Somme des acides aminés indispensables. | 43,4 | 48,85 | 50,25 | 47,95 | 52,5 | 47,95 | 48,45 | 42,8-52,5 | 36,9-39,05 | 49,4 | 44,05 | 58 (47,6-66,0) |
| N x 6,25 % MS | 9,3 | 13,9 | 11,7 | 58 | 52 | 52 | 36,1 | 32-67,5 | 49,0-71,9 | - | 17,55 | 91,1(85,6-94,5) |

b) Digestibilité

Tous les protides ne sont pas digérés avec la même efficacité, ce qui est traduit par la notion de digestibilité. L'utilisation digestive est exprimée par le C.U.D. (coefficient d'utilisation digestive) qui est fonction de l'attaque enzymatique par la pepsine, la trypsine et la chymotrypsine. Pour les protéines du sang, la digestibilité est élevée et varie de 92 à 98 % (57).

c) Valeur biologique

La valeur biologique d'une protéine alimentaire se définit par son aptitude à être transformée par un organisme considéré en protéine spécifique. Il n'y a pas de liaison entre digestibilité et valeur biologique, c'est-à-dire entre le taux d'azote absorbé par l'intestin et l'efficacité de cette fraction pour la couverture du besoin et la croissance de l'animal.

Tous les acides aminés absorbés ne seront pas retenus avec la même intensité. Cette notion, appréciée globalement par la valeur biologique ($VB = \frac{N \text{ retenu}}{N \text{ absorbé}} \times 100$) traduit l'équilibre des acides aminés (9, 30).

On observe dans les farines de sang certains éléments néfastes à leur valeur biologique (9).

- Existence d'une carence en acides aminés soufrés (facteur limitant).

  Méthionine = 0,8 % du produit brut ; 1 % des M.A.T.

  Méthionine + cystine = 1,6 % du produit brut ; 2 % des M.A.T.

- Carence secondaire en tryptophane

- Existence d'un déséquilibre entre leucine et isoleucine, par excès relatif de leucine par rapport à l'isoleucine.

Tableau 22

Apport et besoin en leucine et isoleucine (9)

| | Farine de sang | Besoins optimaux | |
|---|---|---|---|
| | | Porc | Volailles |
| Leucine | 10,6 % du P brut | 14,00 % | 17,00 % |
| Isoleucine | 1,1 % du P brut | 12,00 % | 9,00 % |
| Rapport $\frac{\text{Leu}}{\text{Iso}}$ | 9,64 | 1,15 | 1,88 |

d) Disponibilité des acides aminés

Lors des différentes étapes de la fabrication des farines de sang, et notamment lors des traitements thermiques (phase de cuisson, de séchage et de stérilisation), il se produit des réactions inter- ou intramoléculaires qui engagent les acides aminés dans un complexe inutilisable pour l'organisme, rendant ainsi les acides aminés indisponibles (réaction de Maillard). On observe alors une diminution de l'efficacité protéique en relation avec la biodisponibilité des acides aminés. Cette biodisponibilité traduit l'aptitude de l'acide aminé ingéré à être absorbé puis métabolisé.

La lysine possède à l'extrémité de sa chaîne latérale un groupement ε aminé particulièrement réactif et qui intervient dans les réactions inter- ou intramoléculaires. Les liaisons ainsi formées ne sont pas hydrolysables par les enzymes digestives et cette lysine est bloquée et indisponible pour l'animal. La lysine étant particulièrement réactive, elle sera souvent prise comme référence. Ceci est d'autant plus important, qu'elle est l'acide aminé le plus recherché dans la complémentation des céréales.

Il est donc nécessaire de disposer de tests permettant l'appréciation quantitative de cette disponibilité :

- Test chimique : dosage de la lysine disponible par la méthode de Carpenter (57)

Pour estimer la lysine disponible, CARPENTER (1960) a proposé de doser les groupements ε aminés libres de la lysine après réaction de la protéine avec le 2-4 dinitrofluorobenzène en milieu alcalin. Le DNFB forme un complexe avec la lysine, qu'on peut isoler après hydrolyse acide puis doser par spectrophotométrie.

ROACH (1967) modifie cette méthode. La lysine disponible est alors estimée par différence entre la lysine totale et la lysine bloquée, celle qui ne réagit pas avec le 2-4 DNFB ; ces deux valeurs sont déterminées par chromatographie.

- Indice microbiologique : méthode de FORD (9, 57)

On fait ici appel à un micro-organisme (*Streptococcus zymogenes*) qui demande pour sa croissance à peu près les mêmes acides aminés indispensables que les mammifères supérieurs. Par culture de ce streptocoque pendant 72 heures sur milieu de référence et sur les farines étudiées, puis mesures turbidimétriques, on obtient un "indice microbiologique". La corrélation entre ce dernier et l'efficacité protéique sur rats est étroite (IM = 0,706 x CEP + 34,036).

Une méthode analogue fait appel à un protozoaire flagellé (*Tetrahymena pyriformis*).

• Observations biologiques (9)

Par comparaison de courbes de croissance sur rats ou sur l'animal cible, en distribuant à ceux-ci l'aliment de référence ou la farine étudiée, on se fait une idée précise de la qualité de la matière première. Ces observations sont longues (au moins 3 semaines) et coûteuses.

WINTER (64) trouve que les protéines de sang préparées spécialement avec déshydratation ont une digestibilité de 94 % pour les porcs, alors que les farines de sang commerciales n'ont qu'une valeur de 72 %.

KRATZER et GREEN (26) obtiennent une biodisponibilité (essais sur poulets et dindons) de 60 % de la lysine totale des farines de sang provenant d'autoclave (traitement à 165°C pendant 10 à 12 h).

WAIBEL (60) montre que la lysine des farines de sang commerciales a une disponibilité inférieure de 20 % par rapport aux farines provenant de séchoirs rotatifs pour des rats, des poulets ou des dindons. La lysine a alors une biodisponibilité comprise entre 80 et 90 % (Tableau 23). L'analyse des données de WAIBEL montre que si la disponibilité chimique de la farine de sang chute sous 85 %, alors la disponibilité biologique chute de façon plus importante.

HAMM et SEARCY (20) ont étudié la disponibilité de la lysine. Ils soumettent du sang de volaille coagulé à différentes méthodes de cuisson et de déshydratation. Les résultats indiquent que le taux de lysine totale et surtout de lysine disponible diminue avec l'augmentation de la température, de la durée du traitement et avec la ventilation. La figure 20 montre que les pertes sont très élevées si la température est supérieure à 143°C et que le traitement se prolonge. KURRAY et CUMMING ont prouvé que plus que la température, c'est la durée du traitement qui augmente l'indisponibilité de la lysine (6). L'action seule de la température est pratiquement sans effet sur la disponibilité de la lysine. Les nouveaux procédés essaient d'appliquer une haute température et un temps très court pour obtenir moins de destruction, ceci après une déshydratation partielle (coagulation par la vapeur puis centrifugation ou élimination d'eau par pression).

La comparaison des travaux de différents auteurs (Tableau 24) nous permet de dire que les farines de sang préparées dans les sécheurs conventionnels (température élevée pendant une durée longue) ont une biodisponibilité de la lysine faible pouvant atteindre au maximum 50 à 60 %. Les procédés plus récents de déshydratation rapide (après déshydratation mécanique partielle) et l'atomisation permettent une biodisponibilité de 70 à 90 %.

Tableau 23

Lysine chimiquement disponible et biologiquement disponible selon différentes méthodes de séchage étudiées par WAIBEL (60)

| Système de séchage | N* | Lysine | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Totale g/16 g d'azote | Chimiquement disponible % du total | Biologiquement disponible % du total |
| **Données antérieures** | | | | |
| Sécheur conventionnel | 3 | 7,8 | 62 | 14 |
| Sécheur flash | 3 | 9,7 | 96 | 82 |
| **Données récentes** | | | | |
| Sécheur conventionnel (autoclave) | 12 | 7,6 ± 0,5 | 80 ± 6 | 49 ± 16 |
| Sécheur conventionnel accéléré | 2 | 7,6 | 80 | 50 |
| Sécheur flash (standard) | 6 | 9,3 ± 0,5 | 86 ± 3 | 83 ± 3 |
| Sécheur flash<br>- marche 385°C<br>- arrêt 100°C | 2 | 9,5 | 89 | 78 |
| Sécheur flash<br>- marche 470°C<br>- arrêt 130°C | 2 | 8,3 | 69 | 55 |
| Sécheur atomiseur | 3 | 8,7 | 86 | 83 |
| Centrifugeuse/conventionnel | 2 | 9,5 | 91 | 89 |
| Centrifugeuse/tubulaire | 2 | 8,8 | 96 | 95 |
| Coagulation/en série | 2 | 8,8 | 92 | 86 |
| Sécheur instantané | 1 | 9,2 | 99 | 94 |

* Nombre d'échantillons

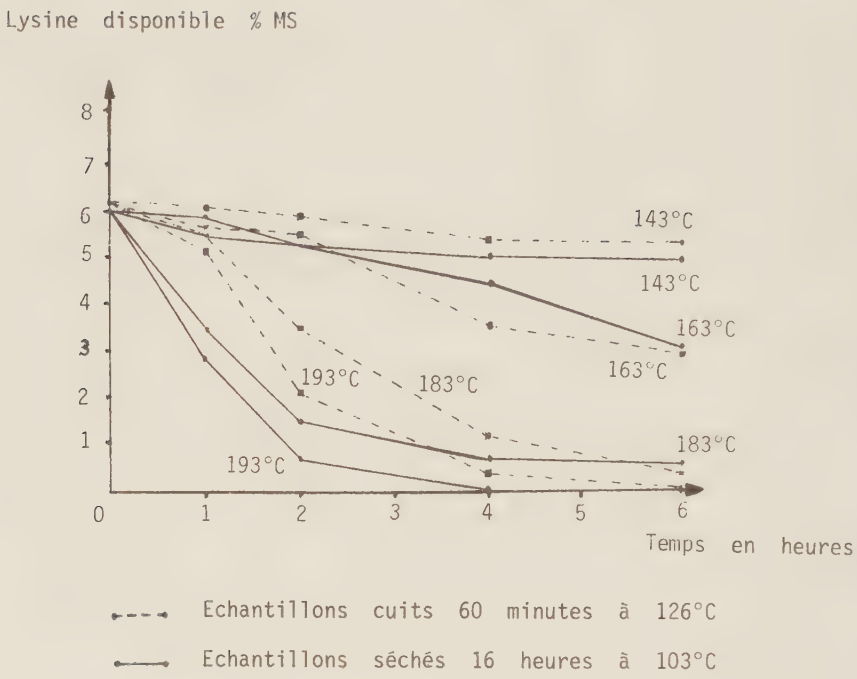



Figure 20

Evolution du taux de lysine disponible en fonction du temps et de la température (20)

Tableau 24

Disponibilité des acides aminés de la farine de sang selon différents auteurs

| Auteurs | Type de traitement du sang | Disponibilité des acides aminés |
|---|---|---|
| KRAMER et coll. (25) | Echantillons commerciaux ; 9 méthodes de séchage<br>MS 89,3 à 95,6 %<br>MAT 87,0 à 100,4 %/MS | Farine de sang conventionnelle : 21 % lysine ; 43 % cystine, 18 % méthionine en moins que farine de sang atomisée ou Hatmacker |
| KRATZER & GREEN (26) | f de sang autoclave<br>f de sang spray | 7 à 8 % de lysine disponible<br>10 à 12 % de lysine disponible<br>Essais sur poulets et dindons |
| WAIBEL (60) | f de sang conventionnelle<br>f de sang "Ring" (sécheur flash rotatif) | Lysine chimiquement disponible { 62 % - 96 %<br>Lysine biologiquement disponible* { - 14 % - 82 %<br>* Essais sur dindes |
| WAIBEL et coll. (61) | f de sang autoclave (165°C, 10 à 12 h)<br>f de sang "ring" (coagulation par la vapeur, déshydratation en cylindre rotatif clos avec courant d'air chaud 400 à 410°C | f de sang autoclave : 9 % de moins de lysine totale et 26 % de moins de lysine chimiquement disponible (DNFB) par rapport au sécheur rotatif<br>Biodisponibilité (croissance sur rats, poussins, dindonneaux)<br>f de sang conventionnelle 0 à 43 %<br>f de sang "ring" 80 à 97 % |
| CUPERLOVIC et coll. (10) | Le mélange avant séchage du sang à de la farine de maïs, du son ou de la fécule de pomme de terre augmente l'altération des protéines | |
| COSER et coll. (8) | Traitement modéré : cuisson 30 mn puis séchage 5 h à 60°C<br>Farine du commerce (autoclave 9 h à 100°C) | Disponibilité de la lysine : 74,3 %<br>Disponibilité de la lysine : 47,2 % |
| BLEZAT-BERNY (6) | Farine conventionnelle<br>Farine atomisée (Spray) | Digestibilité à la pepsine chlorhydrique : 85,5 %<br>*Id.* 95,8 à 98,4 % |
| HAMM et SEARCY (20) | Farine de sang lyophilisée | Lysine biodisponible : 95 % (poulets) |
| FITZPATRICK et BAYLEY (17) | Tourteau de soja<br>Farine de sang lyophilisée<br>Farine de sang commerciale | Digestibilité réelle (essais sur porcelets juste sevrés)<br>Lysine soja : 86 %<br>Lysine sang lyophilisée : 88 %<br>Lysine sang commerciale : 78 % |
| MILLER, PARSON et coll. (31, 32, 33, 38) | Farine de sang autoclave<br>Farine de sang "Ring"<br>Farine de sang "Hatmacker" | Essais sur porcs en croissance<br>f de sang autoclave : faible disponibilité de la lysine<br>farine "Ring" ou "Hatmacker" :<br>.Lysine biodisponible : 6,5 à 7 %<br>.Biodisponibilité : 70,0 à 75,% |

Une base de 7 % de lysine biodisponible semble acceptable pour effectuer les rationnements.

4. - Caractères microbiologiques

Si la cuisson se caractérise par une température et un temps de séchage élevés entraînant une dégradation des protéines, les produits obtenus ont cependant l'avantage d'être stériles. Les autres procédés de traitement thermique n'entraînent pas une stérilisation. Il faudra donc que le sang provienne d'animaux en bonne santé et qu'il soit récolté dans des conditions d'hygiène satisfaisante.

Il n'existe pas de critères microbiologiques officiels en ce qui concerne le sang frais et ses dérivés. La bonne qualité hygiénique du sang frais, du sérum et du plasma frais est mesurée par les critères de qualité suivants (sang à usage alimentaire) (12, 42) :

- flore aérobie mésophile totale $\leqslant$ 500.000/g,
- spores de germes aérobies et anaérobies totaux $\leqslant$ 50.000/g,
- anaérobies sulfito-réducteurs $\leqslant$ 100/g
- coliformes $\leqslant$ 1.000/g

Pour les formes déshydratées de sang (ou plasma et cruor), on peut se baser sur les normes de contamination des farines de viande (Tableau 25).

Tableau 25

Normes de contamination bactériologique des farines de viande (9)

| Agent pathogène | Normes OMS / FAO | Normes françaises |
|---|---|---|
| Nombre total d'aérobies par gramme | $\leqslant 10^5$ | $\leqslant 10^6$ |
| Spores aérobies par gramme | $\leqslant 10$ | |
| Nombre total d'anaérobies par gramme | $\leqslant 10^5$ | $\leqslant 10^6$ |
| Germes sulfitoréducteurs par gramme | $\leqslant 10^2$ | $\leqslant 10^2$ |
| Streptococus par gramme | $\leqslant 10^2$ | |
| Salmonelles | 0 dans 25 grammes | 0 dans 10 grammes |
| Arizona pour 25 grammes | Aucune trace | |
| Shigella pour 25 grammes | Aucune trace | |
| Escherichia-coli pour 10 grammes | Aucune trace | $\leqslant 10^3$ |
| Staphylococus aureus par gramme | Aucune trace | $\leqslant 10^2$ |
| Enterobactéries pour 0,1 gramme | Aucune trace | $\leqslant 10$ |

## II. - UTILISATION EN ALIMENTATION PORCINE

### 1. - Les farines de sang

Pour MORRISON (36), les méthodes conventionnelles de séchage du sang (autoclave) donnent un produit peu appétent et de faible digestibilité et donc l'incorporation de ces farines est limitée à un taux maximum de 3 % de la ration des porcs.

FERRANDO et DRIEUX (15) recommandent l'utilisation de ces farines de sang à raison de 2 à 4 % pour les porcs reproducteurs, 2 à 4 % pendant la croissance jusqu'à 60 kg et 1 % pour la finition.

L'obtention de farine de sang par atomisation ou par des procédés récents de déshydratation rapide, ainsi que la meilleure connaissance des besoins du porc en acides aminés indispensables ont permis d'augmenter les taux d'incorporation des farines de sang aux rations des porcs.

BECKER et coll. (4) mentionnent que les porcs ayant une ration à 15 % de farine de sang ont une croissance satisfaisante, à condition que l'apport en isoleucine soit adéquat (0,47 % pour ces auteurs).

RERAT et coll. (46) substituent la moitié de l'apport azoté complémentaire provenant du tourteau de soja par de la farine de sang (ration à 6 %) et constatent une amélioration des performances avec une alimentation rationnée. L'utilisation de la farine de sang comme seule source riche en protéines (12 % de la ration) entraîne une diminution de croissance. La supplémentation de ce régime maïs-sang avec 0,05 % d'isoleucine et 0,03 % de tryptophane permet l'obtention de performances optimales (Tableau 26). Ces résultats sont en accord avec ceux de BECKER et coll., mais aussi avec KING et CAMPBELL (23) qui recommandent un taux de 11,8 % de farine de sang en alimentation rationnée.

Au contraire, WAHLSTROM et LIBAL (59) trouvent qu'un taux de 8 % de farine de sang réduit de façon significative les performances de croissance et de consommation des porcs en croissance.

Avec une alimentation à volonté, KING et CAMPBELL (23) obtiennent de bons résultats avec un taux de 5,9 ou 8,9 % de farine de sang (régime maïs-sang-soja-farine de viande et d'os). Si la farine de sang remplace plus de 75 % du tourteau de soja et de la farine d'os et de viande, on observe une diminution de la consommation et de la croissance des porcs (20 à 70 kg). Un taux de 12 % de farine de sang supplémenté de 0,1 % d'isoleucine ne permet pas en alimentation à volonté d'atteindre les performances d'une ration témoin sans farine de sang.

Tableau 26

Composition de régimes expérimentaux et résultats zootechniques (46)

| Rationnement | | | | Résultats zootechniques | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Maïs % | Tourteau de soja 50 % | Farine de sang (86 % MAT) % | Isoleucine + Tryptophane | GMQ (g/j) | | | I-C | | |
| | | | | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| 75,4 | 21,0 | 0 | — | 657 | 662 | 659 | 2,51 | 3,50 | 2,98 |
| 79,8 | 10,5 | 6 | — | 692 | 711 | 697 | 2,40 | 3,38 | 2,90 |
| 84,2 | 0 | 12 | — | 620 | 667 | 642 | 2,58 | 3,47 | 3,03 |
| 84,2 | 0 | 12 | + | 663 | 731 | 690 | 2,42 | 3,22 | 2,82 |

(a) Croissance 25 à 60 kg

(b) Finition 60 à 100 kg

(c) Total 25 à 100 kg

WAHLSTROM et LIBAL (59) identifient un déficit en lysine de la farine de sang Hatmacker et l'emploient au taux maximum de 4 % avec supplémentation de 0,1 % de lysine. Avec des farines de qualité supérieure, l'utilisation en alimentation à volonté à raison de 6 % en croissance et 5,5 % en finition (pas de soja pendant cette période) permet de bonnes performances. L'utilisation de plus de 6 % de farine de sang est déconseillée par ces auteurs. Ils montrent que la farine de sang peut remplacer environ 60 % des protéines fournies par le tourteau de soja et peut aussi constituer 60 % de la supplémentation protéique en combinaison avec de la farine de viande dans les rations de croissance et finition pour les porcs.

PARSONS et coll. (39) observent des progrès significatifs dans les moyennes de gain quotidien au démarrage avec 5 % de farine de sang et l'indice de consommation est amélioré par l'incorporation de 5 % de suif. Pendant la phase de croissance, on observe une interaction spécifique de la farine de sang et du suif (5 % - 5 %) pour le gain moyen quotidien ; la croissance fut plus rapide avec cette ration. Pendant la phase finition, on n'observe pas de différences significatives entre les rations témoins et les rations à 5 % de farine de sang.

MILLER et PARSONS en 1981 (32) trouvent que l'isoleucine de la farine de sang est basse et avoisine 1 %, ce qui, en considération avec l'appétence de la farine, limite son utilisation à 5 % dans les rations pour porcs avec du tourteau de soja et du maïs. Les farines de sang déshydratées par voie rapide ont une valeur en énergie digestible et métabolisable similaire à celle d'un mélange de tourteau de soja et de maïs, et n'abaissent pas la densité d'énergie métabolisable quand on les incorpore à des rations type soja-maïs. En incorporant 5 % de farine de sang pendant les phases démarrage, croissance et finition avec un régime de base maïs-soja, les résultats de gain moyen quotidien et d'indice de consommation sont égaux ou supérieurs à la ration témoin maïs-soja. Les rations recommandées par ces auteurs sont mentionnées dans le tableau 27.

FITZPATRICK et BAYLEY (17) mesurent la croissance et la consommation entre 24 et 32 jours de porcelets juste sevrés (sevrage à 21 jours). Les résultats de consommation montrent que la farine de sang a un goût agréable, et l'on n'observe pas de chute de consommation. La faible croissance observée avec la farine de sang montre un déséquilibre dans le niveau des acides aminés essentiels supplémentant les rations contenant du sang comme seule source riche en protéines (déficit primaire en isoleucine, puis en tryptophane). La différence entre ces résultats (porcelets juste après sevrage) et ceux obtenus par RERAT et coll. (46) sur des porcs en croissance (25 à 60 kg) met en valeur la plus

Tableau 27

Rations recommandées pour porcs (31, 32)

| % | Démarrage 8-25 kg | | Croissance 25-55 kg | | Finition 55-100 kg | | Gestation* | | Lactation** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1977 | 1981 | 1977 | 1981 | 1977 | 1981 | 1977 | 1981 | 1977 | 1981 |
| Maïs | 79,5 | 78,6 | 85,0 | 87,6 | 89,1 | 90,9 | 88,7 | 89,9 | 84,7 | 87,0 |
| Soja | 11,0 | 13,1 | 8,0 | 4,5 | 5,0 | 1,5 | 5,0 | 1,5 | 8,0 | 4,5 |
| Farine de sang | 6,0 | 5,0 | 4,0 | 5,0 | 3,0 | 5,0 | 3,0 | 5,0 | 4,0 | 5,0 |
| Phosphate bicalcique | 1,9 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,0 | 1,5 | 1,8 | 1,5 | 1,5 |
| Carbonate de calcium | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 1,0 |
| Sel | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 |
| C.M.V. | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Antibiotiques | + | + | + | + | — | — | — | — | + | + |

* 2 kg d'aliments par jour
** 5 à 6 kg d'aliments par jour

grande sensibilité des porcelets à la justesse de l'équilibre des acides aminés de la ration. On peut dire que la farine de sang est une bonne source de protéines, même pour les porcelets, à condition de supplémenter en acides aminés, ou d'associer la farine de sang à une autre matière riche en protéines pour équilibrer l'apport des acides aminés indispensables.

2. - Le sang Valori 5 (48, 49)

Les premiers essais d'utilisation à Toulouse du sang traité à l'EDTA dans l'alimentation du porc charcutier ont montré que l'EDTA ne présente aucun risque de toxicité à la concentration utilisée et qu'un régime contenant 20 % de sang traité permet une économie importante de tourteau de soja, tout en maintenant les performances de croissance à un bon niveau.

La composition des rations est la suivante :

Tableau 28

Composition des rations (49)

| % du produit brut | Ration de base (témoin) | Ration de base corrigée |
|---|---|---|
| Blé | 37,5 | 50,0 |
| Maïs | 37,5 | 39,0 |
| Soja 50 | 21,5 | 7,0 |
| Sel | 0,5 | 0,5 |
| Phosphate bicalcique | 1,1 | 1,5 |
| Carbonate de chaux | 1,4 | 0,5 |
| C.M.V. | 0,5 | 0,5 |

La composition de 1 kg d'aliment à 20 % est (49) :

- Ration de base corrigée..... 0,950 kg
- Sang à l'EDTA : { - sang frais... 0,200 kg
  { - M.S..... 0,050 kg

La composition des régimes est la suivante :

Tableau 29

Composition des régimes (49)

| | Régime témoin | Régime à 20 % |
|---|---|---|
| UF/kg | 1,04 | 1,05 |
| M.P.B. (%) | 18,00 | 16,00 |
| Lysine (g/kg) | 9,00 | 8,20 |
| Méthionine + cystine " | 6,00 | 6,00 |
| Méthionine " | 3,00 | 2,70 |
| Cellulose (%) | 2,50 | 2,50 |
| Phosphore (g/kg) | 7,00 | 6,80 |
| Calcium " | 8,00 | 8,50 |

La quantité d'aliment distribué quotidiennement correspond à 5 % du poids vif enregistré au moment des pesées (toutes les deux semaines). Lorsque la ration atteint 2,2 kg de matière sèche par porc, elle est maintenue sans changement jusqu'à la date de l'abattage.

Les résultats zootechniques sont les suivants :

Tableau 30

Résultats zootechniques obtenus à Toulouse avec le sang Valori 5 (49)

| | Poids moyen (kg) | | GMQ (g/j) | Indice de consommation | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Début | Fin | | Aliment | Sang EDTA |
| Lot témoin | 31,0 | 86,8 | 570 | 3,25 | — |
| Lot à 20 % | 34,5 | 100,6 | 674 | 2,86 | 0,57 |

Cet essai montre que l'incorporation du sang, traité à l'EDTA, à raison de 20 % (5 % de M.S.) est tout à fait satisfaisante dans l'alimentation des porcs charcutiers (35 à 100 kg).

Le sang traité par le procédé Valori 5 fut utilisé ensuite en pilote industriel dans la région de Chambéry pour observer les performances d'engraissement que permet un régime contenant 20 % de sang.

Dans le but d'économiser le tourteau de soja dans la ration des porcs charcutiers, des études ont montré que la part des céréales dans l'approvisionnement en protéines du porc variait en fonction de la nature de ces céréales. Ainsi, d'après HENRY et coll. (22), l'emploi des céréales à paille et en particulier de l'orge, à la place du maïs permettrait une économie substantielle de protéines complémentaires. L'orge apparaît comme ayant un meilleur équilibre en acides aminés que le maïs et le blé, et ainsi les protéines de l'orge semblent mieux indiquées pour une supplémentation par le sang pour satisfaire aux besoins du porc (entre 30 et 100 kg). Ceci est confirmé par le calcul de formules alimentaires équivalentes analytiquement : l'utilisation de l'orge permet d'envisager la suppression totale du tourteau de soja dans la ration (Tableau 31).

Le régime se compose de (49) :

- Lactosérum : 60 g de M.S. par litre
  0,0669 UF/l
  0,29 g méthionine + cystine/l
- Sang Valori 5 : 250 g de M.S. par kilogramme
  0,23 UG/kg de produit brut
  1,82 % de lysine
  0,75 % de méthionine + cystine

— Farine complémentaire : farine d'orge 97 %
C.M.V. 3 %

Les quantités respectives d'aliments distribués sont indiquées dans le tableau 32.

Tableau 31

Exemples de formules équivalentes (théoriquement) avec ou sans introduction de sang (48,49) (selon CHAUSSON, I.T.P.)

| Formules a base de | BLE | | MAIS | | ORGE | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Céréales (kg) | 76 | 92 | 74 | 88 | 81 | 97 |
| Soja (48) (kg) | 21 | 5 | 23 | 9 | 16 | 0 |
| Sang (kg) | 0 | 25 | 0 | 25 | 0 | 25 |
| CMV (kg) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| TOTAL (kg) | 100 | 125 | 100 | 125 | 100 | 125 |
| Indice de Consommation (kg) | 3,4 | | 3,3 | | 3,65 | |
| Aliment (kg) pour 75 kg de gain | 255 | 319 | 247,5 | 309 | 274 | 342 |
| Céréales necessaires (kg) | 193,8 | 234,8 | 183,2 | 217,5 | 221,9 | 265,4 |
| Soja nécessaire (kg) | 53,6 | 12,8 | 56,9 | 22,2 | 43,8 | 0 |
| Sang nécessaire (kg) | 0 | 63,8 | 0 | 61,8 | 0 | 68,4 |

Equations de prix d'intérêt :

- sang = 0,639 soja - 0,643 blé
- sang = 0,561 soja - 0,555 maïs
- sang = 0,640 soja - 0,636 orge.

Tableau 32

Plan de rationnement pour des quantités variables de lactosérum à 60 g MS/litre (en kg brut de sang par porc et d'aliment complémentaire : farine d'orge 97 %, CMV 3 %) (48, 49)

| Lactosérum (l) | Poids vif (kg) : | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jours avec aliment sang (j) | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 |
| 8 | Complément | 1,035 | 1,352 | 1,761* | 1,846 | 2,004 | 2,052 |
| | Sang | 0,285 | 0,267 | 0,268 | 0,343 | 0,328 | 0,343 |
| 9 | Complément | 0,963 | 1,280 | 1,696 | 1,778 | 1,936 | 1,980 |
| | Sang | 0,284 | 0,252 | 0,245 | 0,327 | 0,311 | 0,342 |
| 10 | Complément | 0,891 | 1,208 | 1,624 | 1,706 | 1,864 | 1,908 |
| | Sang | 0,283 | 0,251 | 0,235 | 0,325 | 0,310 | 0,340 |
| 11 | Complément | 0,831 | 1,148 | 1,564 | 1,646 | 1,804 | 1,848 |
| | Sang | 0,275 | 0,244 | 0,227 | 0,318 | 0,303 | 0,333 |
| 12 | Complément | 0,759 | 1,076 | 1,456 | 1,574 | 1,732 | 1,776 |
| | Sang | 0,274 | 0,242 | 0,378 | 0,317 | 0,301 | 0,331 |
| 13 | Complément | 0,687 | 1,004 | 1,420 | 1,502 | 1,660 | 1,705 |
| | Sang | 0,272 | 0,241 | 0,225 | 0,316 | 0,300 | 0,330 |
| 14 | Complément | 0,627 | 0,944 | 1,360 | 1,442 | 1,600 | 1,644 |
| | Sang | 0,265 | 0,243 | 0,217 | 0,308 | 0,293 | 0,323 |

* Facteur limitant primaire : acides aminés soufrés, sauf valeurs encadrées : facteur limitant lysine

Un rationnement peut être envisagé uniquement avec de la farine complémentaire à base d'orge et de sang. Ce rationnement a pour facteur limitant primaire la méthionine + la cystine, et les quantités à distribuer sont :

Tableau 33

Rationnement pour porcs à base d'orge et de sang (49)

| Poids vif (kg) | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Farine complémentaire (kg) | 1,574 | 1,891 | 2,307 | 2,389 | 2,547 | 2,592 |
| Sang (kg) | 0,314 | 0,283 | 0,266 | 0,357 | 0,341 | 0,372 |
| Sang (% aliment brut) | 16 | 13 | 10 | 13 | 11 | 12 |
| Sang (% M.S. totale) | 5,4 | 4,1 | 3,2 | 4,1 | 3,7 | 3,9 |

Les performances zootechniques (rationnement avec lactosérum) ont été calculées entre 48 et 101 kg de poids vif. Le gain moyen quotidien est de 749 g par jour, ce qui est très bon et reflète le bon potentiel génétique des animaux ainsi que le bon rôle de l'alimentation avec le sang.

Les indices de consommation sont un peu élevés mais il faut tenir compte du fait qu'ils sont calculés en grande partie sur la période de finition.

Tableau 34

Performances zootechniques en pilote industriel (49)

| | | Indice de consommation | | Consommation moyenne journalière | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | kg/kg | UF/kg | kg/j | UF/j |
| Farine d'orge 97 % | 0,97 UF/kg | 2,828 | 2,743 | 2,120 | 2,056 |
| Sang | 0,23 UF/kg | 0,337 | 0,077 | 0,253 | 0,058 |
| Sérum | 0,066 UF/kg | 0,884 | 0,973 | 0,663 | 0,729 |
| TOTAL | | 4,040 | 3,793 | 3,036 | 2,843 |

3. - Le sang Ensillac (Procédé A.B.C. des Ets SOULES) (48)

La forme liquide du sang alimentaire proposé ici oriente son emploi vers les porcheries d'engraissement distribuant l'alimentation sous forme de soupe.

L'essai en alimentation porcine a été réalisé au G.A.E.C. de l'Orme dans l'Ain. Le plan de rationnement utilisé est indiqué dans le tableau 35. L'examen des résultats zootechniques (Tableau 36) fait apparaître un gain de poids moyen quotidien de 687 g et un rendement en carcasse de 82 %. Par ailleurs, la quantité de viande produite en 100 jours est la même que celle produite habituellement en 112 jours avec l'alimentation traditionnelle. Ceci permet à l'éleveur de dégager une marge supplémentaire en raison d'un taux de rotation des bandes plus élevé.

Tableau 35

Plan d'alimentation du porc charcutier (ration journalière) avec du maïs, du sérum, du sang (procédé A.B.C.) (48)

| Poids indicatif (kg) | 25 | 30 | 34 | 38 | 43 | 48 | 53 | 60* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Semaine | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | $\geqslant 7$ |
| Maïs à 35 % d'humidité (kg) | 0,3 | 1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,8 | 2 | 2,1 |
| Sérum à 50 g M.S./litre (1) | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 13 | 14 |
| Sang à 21 % M.S. (1) | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1 |
| Porciphos maïs (C.M.V.) (g) | 60 | 60 | 60 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 |

* De 60 kg jusqu'au poids d'abattage

Tableau 36

Résultats zootechniques de porcs à l'engrais (48)
(ration protéique à base de sang conservé par le procédé A.B.C.)

| | Lot 1 | Lot 2 | Lot 1 + 2 |
|---|---|---|---|
| Nombre de porcs | 101 | 100 | 201 |
| Poids vif total | 9835,38 kg | 9180,00 kg | 19.015,38 kg |
| Poids carcasses total | 7896,60 kg | 7710,10 kg | 15.606,70 kg |
| Poids moyen carcasse | | | Moyennes Lot 1 + 2 |
| chaud | 78,18 kg | 77,10 kg | 77,64 kg |
| - 2,5 % froid | 76,26 kg | 75,17 kg | 75,71 kg |
| Rendement sur carcasse chaude | 80,28 % | 83,98 % | 82,13 % |
| Durée engraissement | 96 jours | 105 jours | 100,5 jours |
| G M O | 715 g | 659 g | 687 g |

## III. - UTILISATION CHEZ LES VOLAILLES

GRAU et ALMQUIST (19) montrent que le plasma de sang de boeuf est de meilleure qualité que la fraction protéique cellulaire dans laquelle l'isoleucine est le principal acide aminé limitant.

MORRISON (36) constate que la farine de sang est inappétente pour les porcs et les poules et est inférieure en valeur aux autres protéines animales.

SQUIBB et BRAHAM (52) trouvent que la farine de sang est une source satisfaisante de lysine dans les rations des poulets à des taux de 2 à 4 %.

FISHER (16) alimente des poulets avec comme seule source riche en protéines la farine de sang utilisée à des taux de 11 et 13 %. La supplémentation en acides aminés montre que les facteurs limitants du régime sont par ordre : l'isoleucine, la méthionine puis l'arginine.

Le non-équilibre des acides aminés de la farine de sang ne permet pas d'utiliser cette farine comme seule source riche en protéines. Cependant, la farine de sang a un grand intérêt en intersupplémentation. Elle supplémente remarquablement les protéines du gluten de maïs, souvent utilisé dans l'alimentation des volailles.

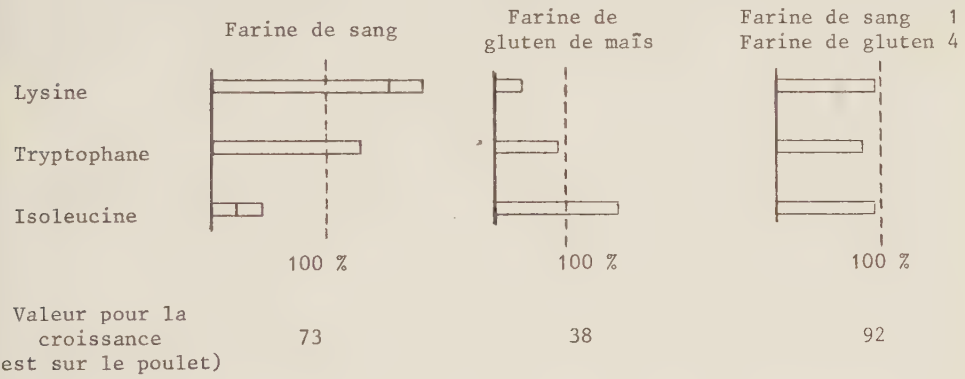



Figure 21

Supplémentation de la farine de sang par la farine de gluten de maïs (15)

L'essai réalisé par OGUN (37) est tout à fait démonstratif. La supplémentation d'une ration à base de maïs avec de la farine de sang ou de la farine de plumes ne fait qu'augmenter les déséquilibres en acides aminés du régime. L'apport simultané de ces deux sources de protéines, en proportions convenables, procure des résultats de croissance très satisfaisants : la présence de farine

de plumes corrige les insuffisances du sang en isoleucine, arginine, tryptophane et en acides aminés soufrés ; la farine de sang corrige l'insuffisance en lysine des plumes.

Tableau 37

Intérêt de l'intersupplémentation sang-plumes chez le poulet en croissance (37)

| Régime | Gain de poids en 21 jours (g) | Indice de consommation |
|---|---|---|
| Maïs + sang | 42 | 5,12 |
| Maïs + plumes | 196 | 2,01 |
| Maïs + sang + plumes | 400 | 1,59 |

HASSAN et coll. (21) emploient la farine de sang au taux maximum de 6 % dans l'alimentation des poulets de chair au Soudan (régime de base : sorgho, farine de viande, tourteau de sésame, tourteau de coton).

GALAL et coll. (18) constatent une amélioration significative des performances de croissance et de l'indice de consommation de poulets de chair nourris avec une ration égyptienne typique par apport de 3,75 % de farine de sang.

PICCIONI (41) recommande l'utilisation de la farine de sang au taux de 4 à 5 % pour les poulets de chair et de 6 à 7 % pour les pondeuses et les reproductrices.

FERRANDO et DRIEUX (15) pensent que la farine de sang doit être utilisée à raison de 2 à 4 % pour les poussins jusqu'à 6-8 semaines, 4 % pour les poules pondeuses, 3 à 4 % pour les dindonneaux jusqu'à 10-15 semaines, 2 à 5 % pour les canards jusqu'à 6-8 semaines et 10 % pour les faisans.

MILLER (31) nous propose des rations pour poulets et dindons avec l'utilisation de 2 à 4 % de farine de sang (Tableaux 38 et 39) déshydratée par voie rapide.

Tableau 38

Rations pour poulets (31)

| | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) |
|---|---|---|---|---|---|
| Farine de sang | 80* | 80* | 80* | 40** | 80* |
| Maïs | 1.235 | 1.310 | 1.301 | 1.305 | 1.459 |
| Tourteau de soja | 350 | 300 | 200 | 80 | 150 |
| Gluten de maïs (60 %) | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Farine de luzerne (17 %) | 0 | 50 | 50 | 50 | 40 |
| Farine de viande et d'os (50 %) | 80 | 60 | 60 | 75 | 50 |
| Petit lait déshydraté | 30 | 40 | 0 | 0 | 40 |
| Avoine | 0 | 100 | 250 | 250 | 0 |
| Blé | 10 | 0 | 0 | 150 | 0 |
| Graisses stabilisées | 80 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| Sel | 8 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Phosphate bicalcique | 19 | 25 | 30 | 25 | 25 |
| Carbonate de calcium | 14 | 16 | 10 | 10 | 130 |
| C.M.V. | 12 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Antibiotique et coccidiostatiques | 10 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| D-L-méthionine | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| TOTAL | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |

(a) Poulets de chair 0 à 7 sem. - (b) Démarrage 0 à 5 sem.
(c) Croissance 5 à 12 sem. - (d) Développement 12 à 20 sem.
(e) Pondeuses reproductrices - * (4 %) - ** (2 %)

Tableau 39

Rations pour dindons (31)

| | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) |
|---|---|---|---|---|---|
| Farine de sang | 80* | 80 | 80 | 40 | 80 |
| Maïs | 845,5 | 927 | 1.266 | 1.506 | 1.336 |
| Tourteau de soja | 800 | 700 | 400 | 200 | 200 |
| Blé | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| Farine de luzerne (17 %) | 60 | 60 | 50 | 50 | 60 |
| Farine de viande et d'os (50 %) | 50 | 50 | 60 | 50 | 50 |
| Petit lait déshydraté | 50 | 40 | 0 | 0 | 50 |
| Graisses stabilisées | 20 | 60 | 80 | 100 | 0 |
| Sel | 5 | 8 | 8 | 8 | 7 |
| Phosphate bicalcique | 50 | 50 | 40 | 30 | 40 |
| Carbonate de calcium | 20 | 20 | 10 | 10 | 70 |
| C.M.V. | 7,5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| Antibiotiques | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D-L-méthionine | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Coccidiostatique et préventif | + | + | + | + | — |

(a) Prédémarrage 0-2 sem. - (b) Démarrage 2-8 sem. - (c) Croissance 8-16 sem.
(d) Finition 16 sem. - (e) Reproducteurs - * (4 %)

## IV. - UTILISATION CHEZ LES RUMINANTS (9, 24, 28, 51, 53)

La couverture du besoin azoté chez les ruminants diffère beaucoup de celle des monogastriques. Chez les monogastriques, la qualité des protéines alimentaires et leur équilibre en acides aminés indispensables sont primordiaux Chez les ruminants, une grande partie des nutriments est dégradée par la microflore du rumen. Cette microflore va assurer l'autosupplémentation azotée de l'animal. Ceci débouche sur la notion de protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (P.D.I.A. ; ces protéines ne subissent pas la dégradation ruminale) et de protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne (P.D.I.M. ; protéines synthétisées par la microflore du rumen). Cependant, quand les micro-organismes du rumen dégradent les protéines, ils ne recréent qu'une protéine limitée quantitativement et qualitativement. On a donc essayé de diminuer l'influence de la dégradation par les micro-organismes du rumen en modifiant par voie technologique les sources naturelles de protéines ou en cherchant des protéines moins dégradables dans le rumen. L'amélioration de la valeur azotée des tourteaux a tout d'abord été obtenue par tannage de leurs protéines. Cette technique vise à réduire la solubilité des protéines dans le rumen et à diminuer la sensibilité de celles-ci aux actions cataboliques des micro-organismes du rumen, le résultat étant l'augmentation de l'apport en P.D.I.A. Cet apport de P.D.I.A. est surtout important à considérer lorsque les synthèses microbiennes sont insuffisantes face aux besoins (déficit énergétique en début de lactation : faible quantité d'énergie disponible dans le rumen mais besoin protéique élevé pour permettre une bonne valorisation de la mobilisation des réserves corporelles).

D'autres protéines échappent mieux à cette dégradation ruminale, se dirigeant immédiatement vers la partie inférieure du tube digestif (duodénum) où elles seront digérées et absorbées sous forme d'acides aminés et de peptides. Ce sont selon les auteurs américains les protéines "By-Pass". Lorsque l'on utilise le tourteau de soja, 24 % des protéines ne sont pas altérées dans le rumen et conservent leurs propriétés de protéines de grande qualité. Les 76 % restants seront altérés et utilisés pour créer une protéine microbienne.

KLOPFENSTEIN (24) a testé plusieurs sources protéiques difficilement altérables dans le rumen ("high protein by-pass") parmi lesquelles se trouve la farine de sang (Tableau 40). Puis il constitue un mélange de remplacement pour le tourteau de soja à partir d'urée (apport d'azote soluble pour les micro-organismes du rumen), de maïs (apport d'énergie et maintien du niveau de rendement) et des différentes protéines faiblement dégradables dans le rumen.

Tableau 40

Valeur relative de différentes sources de protéines faiblement dégradables dans le rumen et mélange de substitution au tourteau de soja (24, 51)

| Source protéique | Pourcentage protéique | Efficacité protéique relative | Quantité de protéines (Livres) | Maïs (Livres) | Urée (Livres) | Coût du mélange équivalent | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 15/12/1978 | Nov. 1980 |
| Tourteau de soja | 45 | 100 | 2.000 | — | — | 178 $ | 261 $ |
| Farine de gluten (maïs) | 62 | 200 | 537<br>643 | 1.303<br>1.218 | 160<br>139 | 125 $ | —<br>181 $ |
| Drèches séchées | 28 | 190 | 1.619 | 229 | 152 | 117 $ | — |
| Luzerne déshydratée | 17 | 190 | 2.788 | — | 152 | 147 $ | — |
| Farine de sang conventionnelle | 85 | 200 | 374<br>458 | 1.466<br>1.405 | 160<br>137 | 120 $<br>— | —<br>179 $ |
| Farine de sang | 85 | 250 | 365 | 1.473 | 162 | — | 182 $ |
| Farine de viande | 50 | 185 | 780<br>885 | 1.073<br>984 | 147<br>131 | 140 $<br>— | —<br>210 $ |

Les essais ont été effectués avec des bouvillons en croissance, le rendement a été identique à celui obtenu avec du tourteau de soja. La comparaison des coûts de croissance faite au 15 décembre 1978 permettait une économie de 8 à 10 dollars par animal (51).

## V. - UTILISATION CHEZ LES POISSONS

Bien que produits en majorité par les fabricants d'aliments du bétail, les aliments piscicoles doivent être considérés séparément car :

- les contraintes réglementaires sont beaucoup plus souples ; en particulier, il n'est pas nécessaire de stériliser le sang saisi au préalable ;
- l'utilisation de farines de sang isolées se pratique ;
- la couleur rouge du sang est un élément très favorable à son incorporation dans les aliments poissons, à l'inverse des autres aliments du bétail ;
- ce sont des animaux très exigeants en protéines et le sang permet en partie d'y répondre.

Le volume de production d'aliments piscicoles peut être estimé en France pour l'année 1976 à 25.000 tonnes. L'incorporation de poudre de sang dans les farines piscicoles doit techniquement être plafonnée à 10 % ; 5 % représentent la moyenne d'incorporation tout à fait réalisable, soit environ 1.250 tonnes par an (6).

Pendant l'été 1981, l'association "Recherche et Application Aquacole" (R.A.A.) a expérimenté dans la Station de Biologie Marine et Lagunaire de Sète un aliment à base de sang, qu'elle compare à un aliment traditionnel dans l'élevage d'anguilles (48). Cet aliment est mis au point par les Etablissements GENTHON S.A., et les Etablissements SOULES contribuent à la conservation du sang par le procédé A.B.C. L'aliment traditionnel se compose de 30 % de farine de viande et de 65 % de farine de poisson de Norvège.

L'aliment expérimenté se compose de 100 parties de farine de base et de 75 parties de sang. La farine de base est composée de :

- 30 % de farine de viande,
- 37 % de farine de poisson de Norvège,
- 30 % de légumineuses,
- 3 % de complément minéral vitaminisé.

Cet aliment, utilisant un mélange légumineuses-sang en remplacement de la farine de poisson assez onéreuse, devrait permettre d'obtenir des anguilles à meilleur prix, mais seule une expérimentation plus complète et plus longue (12 à 18 mois)

peut permettre des conclusions claires. Cet aliment pourrait être employé aussi dans l'élevage des mulets (*Mugil cephalus L*) et des loups (*Morone labrax L*).

## VI. - UTILISATION CHEZ LES ANIMAUX DE COMPAGNIE

L'industrie des aliments préparés pour animaux familiers est une industrie nouvelle (développement réel au début des années 60) en plein développement. La consommation est passée de 137.000 tonnes en 1973 à 600.000 tonnes en 1981. Cette industrie est la seconde consommatrice de sang de bovin avec 10 % environ de sang collecté (6, 7).

En 1976, cette industrie utilisait :

- du sang entier frais ou congelé (2.800 tonnes) en utilisation permanente ou ponctuelle (en cas de déséquilibre en protéines) en tant que source de protéines et colorant (en petite quantité) dans les préparations appertisées ;
- du sang entier en poudre (environ 50 tonnes) dans les préparations appertisées et les produits secs ;
- plasma congelé : utilisation en petite quantité.

Le seuil maximum d'incorporation du sang dans les préparations en conserves est estimé à 2 % par les professionnels. Le sang est utilisé ici pour ses avantages nutritionnels (richesse en protéines, grande digestibilité) et pour ses avantages technologiques très importants en industrie alimentaire (Tableau 41), mais il a le défaut majeur d'être très foncé et de devenir pratiquement noir après cuisson, ce qui limite son utilisation.

Tableau 41

Propriétés fonctionnelles du plasma et du cruor (7, 45)

| | Plasma | Cruor (globines) |
|---|---|---|
| Pouvoir colorant | - | très bon |
| Solubilité | bonne | bonne si pH < 6 |
| Dispersibilité dans l'eau | bonne | très bonne |
| Pouvoir gonflant | faible | très bon |
| Pouvoir émulsifiant | bon | très bon |
| Stabilité de l'émulsion | bonne<br>effet négatif : sel | bonne si pH < 6<br>effet positif : sel |
| Pouvoir moussant | bon | très bon |
| Pouvoir gélifiant | très bon | nul |

La figure 22 nous permet de constater qu'au cours des 6 dernières années, la consommation de sang n'a cessé de croître (elle a pratiquement quadruplé). Ces données sont des estimations car il est difficile de trouver des statistiques précises. Le sang est utilisé actuellement sous les différentes formes suivantes :

- sang entier : frais ou congelé ou séché,
- plasma : congelé ou séché.

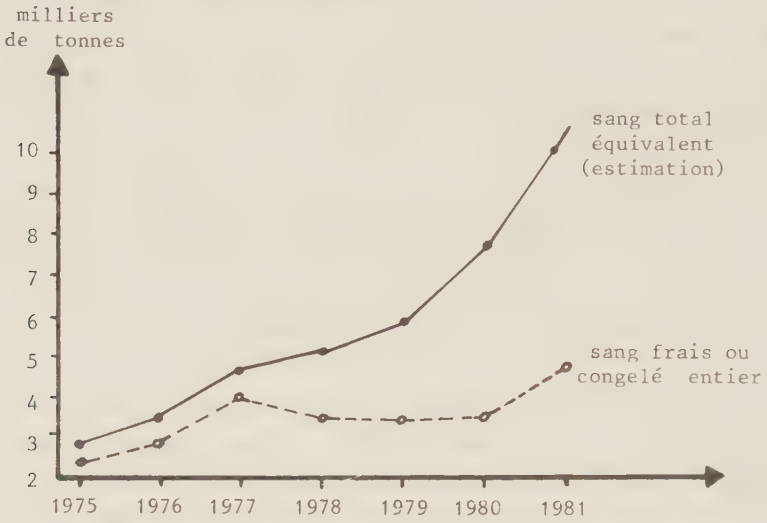



Figure 22

Utilisation actuelle du sang en alimentation des animaux de compagnie ("petfood") (7)

On remarque une diminution de la consommation de sang frais en 1977. Ceci est dû à la décision du législateur européen de réglementer l'utilisation des nitrites ou du sel nitrité dans les aliments pour animaux (toxicité des nitrites) et la menace d'interdiction dès la fin de l'année 1977.

Les conséquences furent immédiates : le sang étant de couleur noire quand on l'utilise sans nitrites, les responsables des produits ont donc supprimé en partie le sang. Depuis 1977, l'utilisation des nitrites est renouvelée d'année en année*, ce qui fait que les utilisateurs évitent d'investir pour utiliser plus de sang et limitent de ce fait sa consommation. Une autorisation d'utilisation

---

* *Les nitrites sont autorisés comme conservateurs pour les aliments destinés aux animaux de compagnie (à l'exclusion des oiseaux et des poissons d'aquarium) au taux maximum de 200 ppm ramené à un aliment à 12 % de matière sèche (Annexe II - Liste et Condition d'incorporation des additifs aux aliments pour animaux - Décret du 28 novembre 1973).*

des nitrites limitée à quelques dizaines de parties par million seulement permettrait l'utilisation de 3 à 5.000 tonnes de plus de sang par an. Cette autorisation devrait aller de pair avec la qualité de la récolte.

## VII. - DISCUSSION ECONOMIQUE

### 1. - Estimation du coût de mise en oeuvre de quelques procédés

Le calcul des coûts de transformation du sang est très complexe. Cette étude ne peut être envisagée que de façon générale et chaque situation devra être examinée de façon plus particulière. En effet, le prix de revient du traitement du sang est fonction de nombreux facteurs : taille des abattoirs, structure éclatée des abattoirs en France donc intervention importante du prix de transport (sauf si le sang est traité sur place), qualité de la récolte (alimentaire ou industrielle), diminution des redevances versées aux agences financières de bassin en fonction du pourcentage de récupération.

Chaque exemple de traitement (sauf précision complémentaire) exposera le cas d'un abattoir traitant annuellement 20.000 tonnes de carcasses, ce qui représente une production de 1.000 tonnes de sang. Un tel établissement fonctionne 250 jours par an, 8 heures par jour.

#### a) Coût du transport

Ce coût de transport doit prendre en compte la quantité de sang récolté et transporté, mais aussi le nombre d'abattoirs fournissant ce sang dans une région donnée. L'importance de ce transport est estimée d'après une étude du C.T.G.R.E.F. en 1980 (47) entre 0,05 et 0,10 F/kg de sang.

#### b) Coût de la collecte et du stockage

L'étude du C.T.G.R.E.F. (47) établit le prix de revient de la collecte et du stockage en fonction de la destination du produit. Ces coûts actualisés pour l'année 1982 sont de 6 centimes/l pour le sang à usage industriel et de 37 centimes/l pour le sang à usage alimentaire.

#### c) Coût de la centrifugation

Une centrifugeuse assurant une centrifugation de 4.000 litres de sang par jour nécessite un investissement de 90.000 francs (matériel proposé par la Société ALPHA-LAVAL) (12). La durée d'amortissement est égale à 4 ans. Le taux

d'intérêt est de 10 %. Les annuités sont supposées constantes. La maintenance est considérée égale à 10 % des annuités.

Amortissement

90.000 F x 0,25 = 22.500 F d'annuité
22.500 F x 0,10 = 2.250 F de maintenance

soit 24.750 F/an

Frais de personnel

2 heures par jour d'un ouvrier au salaire brut de 3.500 F + 54 % des charges

$(3.500 + 1.890) \times \frac{2}{169} \times 250 =$ 16.000 F/an

Consommation d'énergie

Puissance consommée : 1,5 kW/h
Coût du kW/h en novembre 1982 : 0,35 F

soit 1.050 F/an

Total : 41.800 F/an, soit - 0,047 F/l de sang
- 0,063 F/l de plasma

d) Coût du séchage en cuiseur

Un matériel proposé par la Société DUPRAT et assurant le traitement de 4.000 litres de sang par jour représente un investissement de 300.000 F en 1982.

Amortissement

Annuités : 300.000 x 0,25 = 75.000 F

Maintenance = 75.000 x 0,10 = 7.500 F

soit 82.500 F/an

Frais de personnel

3 heures par jour, 250 jours par an

$(3.500 \times 1.890) \times \frac{3}{169} \times 250 =$ 24.000 F/an

Consommation d'énergie

Puissance consommée : 33 kW/h
Consommation de vapeur : 1,1 tonne de vapeur/ tonne de sang traité

Consommation électrique : 0,35 F x 33 x 8 x 250 = 23.100 F/an
Consommation de vapeur : 80 F x 1,1 x 1.000 = 88.000 F/an

Total : 217.000 F/an, soit - 0,22 F/l de sang
- 1,00 F/kg de farine à 8 % d'humidité

e) Coût du séchage sur cylindre

Le tableau 42 donne les caractéristiques de quelques installations possibles ainsi que les capacités de traitement, les tailles des abattoirs correspondants et l'ordre d'idée du prix de revient d'une poudre de sang à 8 % d'eau résiduelle (sécheur à cylindre proposé par la société DUPRAT) (44). Ce coût, estimé en 1983, comprend :

- l'achat du sang à 5 centimes le litre,
- l'amortissement du matériel de séchage,
- le coût du fonctionnement (énergie, personnel, maintenance).

Le calcul de la taille des installations est basé sur un fonctionnement de l'appareil 7 heures par jour, 250 jours par an.

Tableau 42

Caractéristiques et prix de revient du séchage sur cylindre (44)

| Surface cylindre ($m^2$) | Débit (l/h) | Débit vapeur en kg/h | Puissance électrique installée (kW) | Taille de l'abattoir (T/an) | Production annuelle de poudre en tonnes | Prix de revient de la poudre en F/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,75 | 45 | 47 | 2,5 | 1.500 | 15,4 | 7,41 |
| 1,13 | 68 | 71 | 3,0 | 2.400 | 23,3 | 5,85 |
| 2,26 | 136 | 142 | 5,0 | 4.700 | 46,6 | 3,98 |
| 4,24 | 254 | 265 | 10,0 | 8.900 | 87,1 | 3,01 |
| 7,55 | 453 | 473 | 16,5 | 15.800 | 155,3 | 2,36 |
| 9,81 | 588 | 615 | 19,0 | 20.600 | 201,6 | 2,14 |
| 15,00 | 900 | 940 | 24,0 | 31.500 | 308,7 | 1,93 |

f) Coût du sang Valori 5

Ce coût de traitement du sang a été évalué par l'exploitation de l'atelier de Chambéry en 1981. Pour une capacité de production de 500 l par heure, et un rendement de 850 à 900 g de produit grumeleux par litre de sang, le prix de revient est de 40 à 45 centimes par litre (48).

g) Coût du traitement du sang Ensillac (Procédé A.B.C.)

Ce traitement peut être effectué dans n'importe quel abattoir car il ne nécessite pratiquement pas d'investissement (cuves de stockage seulement).

Le tableau 43 donne les détails de l'estimation du prix de revient en octobre 1981 d'un litre de sang alimentaire, le sang étant fourni gratuitement.

Tableau 43

Prix de revient du litre de sang traité par le procédé A.B.C. (calcul pour 100 l traités) (48)

| Produit | Quantité | Coût unitaire | Coût total | Coût du litre de sang alimentaire |
|---|---|---|---|---|
| Sang | 100 l | 0 F/l | — | |
| Solution de citrate de sodium à 400 g/l | 1 l | 5,60 F/l | 5,60 F | |
| Conservateur A.B.C. Spécial sang | 7 kg | 7,00 F/kg | 49,00 F | |
| Eau | 13 l | 1,00 F/m³ | 0,01 F | |
| TOTAL | 121 l | | 54,61 F | 0,46 F |

2. - Prix d'intérêt du sang en alimentation animale

a) Introduction de farine de sang dans une farine

Cinq facteurs sont déterminants quant à l'incorporation d'une matière première dans les farines (6) :

- l'apport en énergie métabolisable,
- l'apport en lysine disponible,
- l'apport en acides aminés soufrés,
- l'apport en protéines digestibles,
- l'apport en calcium et phosphore.

A partir d'une formule type poulet de chair, l'incorporation d'une unité de sang implique, pour conserver les divers apports et équilibres entre les constituants :

- 2,57 unités de soja en moins,
- 0,50 unités de graisse en moins,

- 2,050 unités de maïs en plus,
- 0,006 unités de méthionine pure en plus,
- 0,010 unités de phosphore bicalcique en plus.

Dans le cas de formule porc d'engraissement, le blé et le son se substituent au maïs. Les entrées et sorties restent cependant très proches.

Le prix d'intérêt de la farine de sang est donc :

Prix de 1 unité de sang = prix de 2,57 unités de soja + pris de 0,5 unité de graisse - [ prix de 2,05 unités de maïs + prix de 0,06 unité de méthionine pure + prix de 0,01 unité de phosphore bicalcique ]

Ce prix maximum acceptable par les fabricants d'aliments pour le sang à 90 % de protéines brutes solubles est directement dépendant non pas des coûts et volume de production et de la demande en France ou au niveau mondial, mais essentiellement des cours très instables du soja, dont la cotation de référence est la cotation de la bourse de Chicago.

b) Sang Valori 5

En se basant sur les régimes analytiquement équivalents fournis par le tableau 31, on peut calculer les équations théoriques de prix d'intérêt du sang traité par le procédé Valori 5.

Les équations sont les suivantes (48, 49) :

- sang = 0,639 soja - 0,643 blé
- sang = 0,561 soja - 0,555 maïs
- sang = 0,640 soja - 0,636 orge

Les courbes correspondantes sont représentées sur la figure 23, dans l'hypothèse d'un prix de revient des céréales à 1 F ou 1,10 F/kg. La marge bénéficiaire par porc est de 5 à 10 francs selon le remodelage des formules alimentaires (48).

Cette formule est destinée principalement aux éleveurs produisant leurs céréales eux-mêmes, le sang apportant alors l'appoint protéique à un moindre coût. Les particularités technologiques de ce produit l'excluent pratiquement des circuits de l'alimentation industrielle classique.

c) Sang Ensillac (Procédé A.B.C.)

La comparaison des coûts alimentaires de l'alimentation des porcs charcutiers nous montre qu'il est possible de dégager une marge brute supplémentaire de 30,49 F par porc en utilisant du sang (Tableau 44).

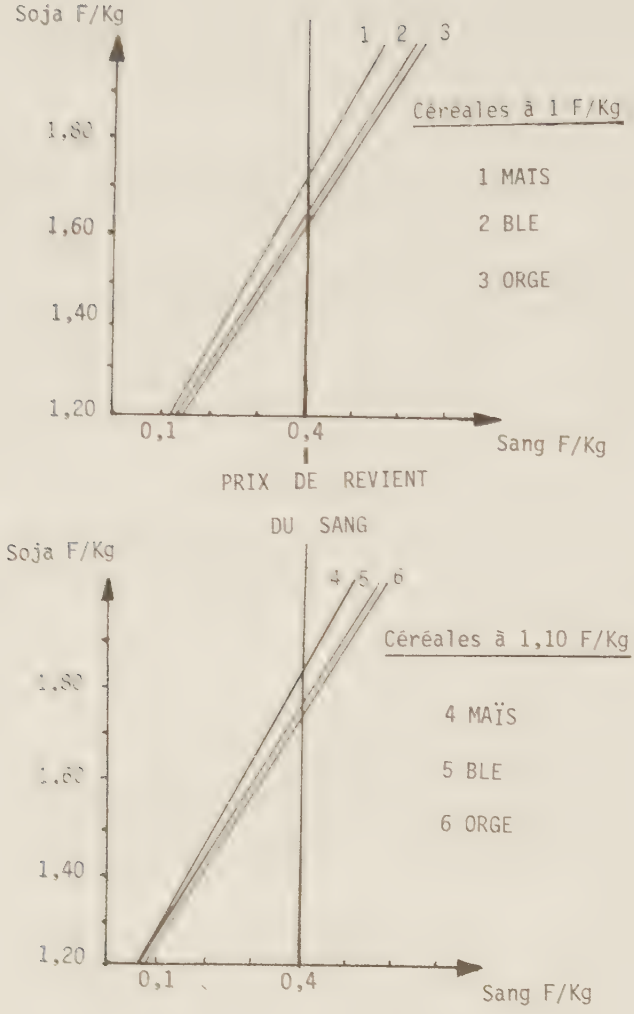



Figure 23

Prix d'intérêt théorique du sang (Procédé Valori 5) (48, 49)

Tableau 44

Comparaison des coûts alimentaires de l'alimentation traditionnelle et de celle utilisant le sang Ensillac (Procédé A.B.C.)
(Indications : Mr. FROMONT) (48)

| Matière première | Alimentation traditionnelle | | | Alimentation avec du sang | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Quantité par porc | Prix au kg | Prix par porc | Quantité* par porc | Prix au kg | Prix par porc |
| Ensilage maïs grains à 34 % d'humidité | 154 kg | 1,11 F | 170,94 F | 161,40 kg | 1,11 F | 179,54 F |
| Lactosérum à 56-58 g/l de M.S. | 784 l | 0,04 F | 31,36 F | 1.012,56 l | 0,04 F | 40,50 F |
| Complémentaire azoté (+ minéraux et vitamines) | 65 kg | 1,90 F | 123,50 F | — | — | — |
| Sang aliment | — | — | — | 77,83 l | 0,50 F+ | 38,91 F |
| Complément minéral et vitaminisé (Porciphos maïs) | — | — | — | 14,78 kg | 2,46 F | 36,36 F |
| TOTAL | | | 325,80 F | | | 295,31 F |

* Total porcs lot 1 et 2 = 203 porcs

\+ Dans ce prix, sont inclus les frais de conservateur A.B.C., les frais d'anticoagulant, les frais de transport et l'amortissement du matériel, le prix du sang (ici valeur 0)

Par ailleurs, il semble qu'un calcul plus précis des quantités d'aliments à distribuer permettrait une économie supplémentaire (surtout en ce qui concerne le C.M.U. Porciphos maïs). Il faut aussi remarquer que la quantité de viande a été produite en 100 jours au lieu de 112 jours traditionnellement et que le gain de classement des carcasses est de l'ordre de 5 à 10 %, tout ceci contribuant à une marge supplémentaire non chiffrée ici (48).

# - C O N C L U S I O N -

La conjoncture actuelle conduit à une plus importante récupération du sang qu'il convient de valoriser à bon escient. Même si la farine de sang a encore une utilisation marginale aujourd'hui, elle présente un intérêt certain en alimentation animale. La rationalisation des procédés de traitement doit permettre l'obtention de farines considérées parmi les meilleures sources protéiques et ceci pour un prix non dissuasif et stable. La meilleure valorisation d'un sous-produit ne correspond pas forcément au prix de vente le plus élevé, mais est celle qui offre le plus de garanties et qui présente le moins d'inconvénients pour l'enlèvement d'une quantité maximale de sous-produit. A cet égard, l'alimentation animale est très bien placée puisqu'elle est la première utilisatrice de sang et qu'elle offre un débouché régulier et un marché potentiel réel.

VU : Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire
rapporteur

Professeur GRIESS

VU : Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE - DIRECTION -

Professeur R. LAUTIE

VU : Le Président de la Thèse

Professeur ROUX

VU et PERMIS D'IMPRIMER
Toulouse, le 10-02-1984
Le Président de l'Université Paul Sabatier

Professeur D. BANCEL

*ANNEXE I* (47)

*LES ADJUVANTS DE CONSERVATION DU SANG*

*Aussi séduisante que paraisse cette solution, les qualités extraordinaires du sang comme milieu de culture excluent que l'on puisse en assurer sa conservation à bonne fin avec seulement l'aide de conservateurs, même quand ils sont plus "efficaces" que ceux utilisés classiquement dans l'industrie agro-alimentaire.*

*Les produits ci-dessous énumérés (qui sont autorisés dans certains pays) ne doivent donc être considérés qu'en tant que palliatifs ou, mieux, comme des adjuvants de conservation. En effet, ils ne sauraient ni se substituer aux procédés classiques de conservation (refroidissement et déshydratation) ni, a fortiori, permettre de se dispenser des différentes mesures d'hygiène qui s'imposent. Tout au plus, peuvent-ils concourir à retarder les processus de fermentation et à obtenir des produits transformés de meilleure qualité.*

*Ces adjuvants sont notamment et principalement :*

*— L'ammoniac, qui a un effet conservateur par élévation de pH. On l'a utilisé ou on l'utilise notamment en Allemagne, sous forme gazeuse par injection dans les cuves de stockage du sang ou, mieux, sous sa forme de solution dans l'eau (solution du commerce), moins délicate d'emploi.*

*L'ammoniac est efficace en adjonction au sang à partir de 0,1 % et on peut l'utiliser jusqu'à 0,5 % sans dénaturation notable des protéines au point de vue alimentaire. A la dose de 0,2 %, il assurerait une bonne conservation du sang destiné à la cuisson ou au séchage pour l'alimentation animale pendant deux à trois semaines.*

*L'ammoniac présente l'intérêt d'être d'un prix relativement bas ; d'autre part, il s'élimine rapidement au cours des opérations de déshydratation.*

*— Le formol, à la dose de 0,2 %, qui permet de conserver le sang pendant une semaine. On l'utilise sous forme de sa solution du commerce rediluée au quart. La farine obtenue à partir du sang ainsi traité conviendrait parfaitement pour l'alimentation animale.*

*— Les acidifiants, qui agissent par abaissement du pH. On les utilise seuls ou en association :*

*- L'anhydride carbonique peut être utilisé pour une conservation du plasma d'assez longue durée (de l'ordre de 6 mois). Il est injecté dans les cuves de stockage jusqu'à atteindre une pression de 2 atmosphères.*

*- L'acide lactique, à la dose de 0,25 %, assure une conservation de l'ordre de 4 à 6 jours ; à la dose de 1 %, la durée de conservation peut atteindre 2 mois.*

*- L'acide benzoïque, à la dose de 1 %, en association avec le citrate et le chlorure de sodium, permettrait de conserver le sang sans réfrigération pendant plus de 2 mois.*

*Ces trois conservateurs seraient utilisés pour le sang destiné à l'alimentation humaine dans les pays de l'Est.*

*L'utilisation de l'acide lactique est à rapprocher des procédés d'ensilage de sang préalablement sucré et ensemencé aux ferments lactiques, qui ont été naguère préconisés pour l'alimentation animale.*

*Les conservateurs suivants sont considérés comme utilisables en adjonction au sang destiné à l'alimentation humaine :*

*- L'acide formique à 0,5 % assure une conservation de moins d'une semaine, mais à 2 %, la durée de conservation atteindrait une année. A cette dose, l'inconvénient est la prise en masse du sang qui doit être rendu à l'état liquide pour sa transformation.*

*- L'acide propionique devrait également présenter un intérêt, bien qu'il n'ait pas fait l'objet d'essais très précis en adjonction au sang.*

*- L'acide sulfurique :*

- *seul, à la dose de 1 à 2 %, permet, par abaissement important du pH (jusqu'à pH 3), la conservation du sang pendant 1 mois sans réfrigération. On doit noter cependant un effet dénaturant, notamment au niveau du tryptophane qui est en partie détruit ;*
- *en association avec les sulfites alcalins (notamment sulfite de soude : 0,5 % ; acide sulfurique : 2 %), il donne de bons résultats ;*
- *en association avec le benzoate de sodium, à la dose de 0,8 % (acide sulfurique : 0,9 %), la durée de conservation serait de 2 mois ; à noter une incidence sur la consistance du sang dont la viscosité augmenterait de façon importante.*

*- Le sulfite de soude*

- *Seul et utilisé à la dose maximale de 2 %, il assurerait une bonne conservation pendant 1 mois environ avec l'inconvénient, cependant, de modifier notablement les caractéristiques organoleptiques du produit.*
- *En association avec divers acides, il a fait l'objet de nombreuses recherches. L'une d'entre elles a même donné lieu au développement d'un processus industriel en continu (1970). Les acides les plus fréquemment proposés sont, indépendamment de l'acide sulfurique déjà cité, l'acide chlorhydrique qui présente sur le précédent de nombreux avantages, mais aussi les acides orthophosphorique, lactique et acétique.*

*Enfin, de très nombreux autres adjuvants de conservation ont été essayés et testés, mais leur intérêt reste tout théorique. En effet, il s'agit soit d'espèces chimiques d'un prix élevé ou ayant un effet dénaturant marqué et donc sans intérêt économique, soit de substances ayant ou pouvant avoir une certaine toxicité et, par conséquent, non susceptibles d'obtenir une autorisation d'emploi des instances qualifiées telles que le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.*

*ANNEXE II*

*PRINCIPAUX CONSTRUCTEURS ET INSTALLATEURS DE MATERIELS POUR LA RECUPERATION DU SANG*

- *ALFA-LAVAL Industrie* (centrifugeuses, tanks de réfrigération)
  *62-70, rue Yvan-Tourgueneff*
  *78380 BOUGIVAL*
- *BALAND-MORFIN* (batteurs défibrineurs)
  *229-237, rue Marcel-Mérieux*
  *69007 LYON*
- *BANSS Maschinenfabrik* (saignée au trocart semi-automatique, batteurs défibrineurs)
  *Postfach 1210-1220*
  *356 BIEDENKOPF (R.F.A.)*
- *BEMEG Industrielplanung GmbH* (saignée au trocart semi-automatique)
  *Stahltwiete 21*
  *2000 HAMBURG 50 (R.F.A.)*
- *Etablissements DUPRAT* (congélateurs à paillettes, déshydratation)
  *Zone Industrielle*
  *63800 COURNON*
- *ELLCO PROTEIN A.B.* (récolte et stockage du sang)
  *Box 100*
  *S-24 400 KAVLINGE(Suède)*
- *FACOMIA* (trocarts, installations de récolte)
  *Chemin Bonaldi*
  *73230 SAINT-ALBAN-LEYSSE*
- *FRIGOFRANCE* (congélateurs à paillettes)
  *Place de la Bastille*
  *LES COUETS*
  *44340 BOUGUENAIS*
- *FRIGOSCANDIA- Distributeur de ROTAFREEZE* (congélateurs à paillettes)
  *171, avenue du Général-de-Gaulle*
  *92200 NEUILLY-sur-SEINE*
- *G.A.R.A.P.* (centrifugeuses, transformation du sang)
  *Zone d'Activité de Buc*
  *Rue Senouque*
  *78530 BUC*
- *INTERGUT* (récupération sous vide, installations de récolte)
  *127, rue Marc-Sangnier*
  *94700 MAISONS-ALFORT*
- *M.A.D.* (déshydratation)
  *211 bis, avenue du Général-de-Gaulle*
  *92200 NEUILLY-sur-SEINE*
- *MAJA Maschinenfabrik* (congélateurs à paillettes)
  *HERMANN SCHILL GmbH*
  *7640 KEHL-GOLDSCHEUER (R.D.A.)*

- *NUTRIDAN ENGINEERING* (saignée au trocart, installations de "décoloration")
  *Marielundvej 46 A*
  *2730 HERLEV (Danemark)*

- *POMPES ANDRE BODIN*
  *Usine des Regains*
  *37150 BLERE*

- *POMPES DELASCO*
  *27, boulevard des Italiens*
  *75002 PARIS*

- *POMPES A. FABRE*
  *70, rue du Pont-Fouchard*
  *49400 BAGNEUX-SAUMUR*

- *POMPES MOINEAU - P.C.M.*
  *17, rue Ernest-Laval*
  *92170 VANVES*

- *POMPES WARREN RUPP - Distribué par UNITEC WEMCO*
  *16, rue d'Artois*
  *75008 PARIS*

- *REPROCOM* (épuration, valorisation)
  *146, avenue Dembourg*
  *81003 ALBI Cédex*

- *ROGER BAUD - Distribué par CLAREXI S.A.* (trocardage sous vide)
  *32, route de Malagnon*
  *CH-1208 GENEVE (Suisse)*

- *SHARPLES-PENWALT France* (centrifugeuses)
  *94, rue d'Estienne-d'Orves*
  *92505 RUEIL MALMAISON Cédex*

- *STORD BARTZ - Distribué par Ets ROSSOW et Cie* (sécheurs ROTADISC)
  *43, rue de Douai*
  *75009 PARIS*

- *SUCMANU Industries* (batteurs défibrineurs)
  *3, rue Edmond-Valentin*
  *75007 PARIS*

- *SULZER - Distributeur de NORTH STAR* (congélateurs à paillettes)
  *51, boulevard Brune*
  *75014 PARIS*

- *WESTFALIA SEPARATOR France* (centrifugeuses)
  *B.P. 11*
  *02400 CHATEAU-THIERRY*

*ANNEXE III*

*PRINCIPAUX CONSTRUCTEURS ET INSTALLATEURS DE MATERIELS EQUIPANT LES FONDOIRS ET LES ATELIERS D'EQUARRISSAGE*

- *ALFA-LAVAL France S.A.* (Centriflow, centriblood, centribone, évaporateurs)
  *Le Chêne Sorcier*
  *B.P. 56*
  *78340 LES CLAYES-SOUS-BOIS*

- *AMITECHNIQUE S.A.* (Distributeur d'ATLAS, cuiseurs)
  *5, Grande-Rue*
  *B.P. 7*
  *28750 ABONDANT*

- *BUTTNER France* (séchoirs)
  *90, rue Baudin*
  *92309 LEVALLOIS-PERRET Cédex*

- *DELATTRE-LEVIVIER* (cuiseurs, essoreuses)
  *224, avenue Desandrouins*
  *B.P. 399*
  *59307 VALENCIENNES Cédex*

- *DE VITA* (séchoirs, presses)
  *Casella Postale 1653*
  *GENOVA (Italie)*

- *De SMET S.A.* (extraction par solvant, raffinage)
  *265 Prins Boudewijnlaan*
  *B-2520 EDEGEM-ANTWERP (Belgique)*

- *LAGUILHARRE-NIRO* (évaporateur, atomiseur)
  *20, rue d'Arras*
  *92000 NANTERRE*

- *LA MECANIQUE MODERNE* (cuiseurs, presses)
  *34, rue Saint-Michel*
  *B.P. 103*
  *62002 ARRAS Cédex*

- *LEBRUN* (distributeur FRICK pour les installations frigorifiques)
  *220, rue du Général-de-Gaulle*
  *59110 LA MADELEINE*

- *LENEVEU* (séchoirs)
  *12, rue Launay*
  *44110 CHAUTEAUBRIANT*

- *L.V.I.* (éjecteurs à vapeur, pompes à vide)
  *17, rue Denis-Roy*
  *95100 ARGENTEUIL*

- *OLLIER* (presses)
  *12, rue Amadéo*
  *63002 CLERMONT-FERRAND*

- *PONT à MOUSSON* (représentant COMAP JET pour les éjecteurs à vapeur)
  *4, rue des Lilas*
  *93106 MONTREUIL*

- *ROSSOW et Cie* (représentant STORD BARTZ pour les cuiseurs ROTADISC)
  *43, rue de Douai*
  *75009 PARIS*

- *ROUSSELET* (essoreuses)
  *B.P. 129*
  *07104 ANNONAY*

- *S.A.R.* (cuiseurs)
  *123-125, route de Noisy*
  *93230 ROMAINVILLE*

- *S.G.N.* (électro- et aéroflottation)
  *B.P. 30*
  *78184 SAINT-QUENTIN-en-YVELINES Cédex*

- *SHARPLES-STOKES*
  *84, rue d'Estienne-d'Orves*
  *B.P. 204*
  *92502 RUEIL MALMAISON Cédex*

- *SPEICHIM* (raffinage)
  *104, rue Edouard-Vaillant*
  *93140 BONDY*

- *STORK-DUKE* (cuiseurs continus et discontinus, presses)
  *P.O. Box 10*
  *1950 A.A. VELSEN NORD (Pays-Bas)*

- *TROUVAY et CAUVIN* (représentant KÖRTING pour les éjecteurs à vapeur)
  *Tour d'Asnières*
  *Avenue Laurent-Cely*
  *92606 ASNIERES*

- *VANDEKERKHOVE S.A.* (cuiseurs)
  *Brugse Steenweg 374*
  *B-8800 ROESELARE (Belgique)*

- *VERNON* (séchoirs)
  *48, rue des Petites-Ecuries*
  *75010 PARIS*

- *WESTFALIA Separator France* (raffinage)
  *B.P. 11*
  *02400 CHATEAU-THIERRY*

## BIBLIOGRAPHIE


1. - A.E.C., 1978. Document n° 4, A.E.C. - 03600 Commentry.

2. - Apria-Itavi, 1982. - Les sous-produits d'abattoirs de volailles : un secteur en expansion. Avril 1982.
Apria : 35, rue du Général-Foy - 75008 Paris
Itavi : 28, rue du Rocher - 75008 Paris.

3. - BARRON T., 1982. - Contribution à l'étude des rejets d'abattoir.
Thèse Doct. Vét., Toulouse, 171 p.

4. - BECKER D.E., SMITH I.D., TERRILL S.W., JENSEN A.H., NORTON H.W., 1963. - Isoleucine need of swine at two stages of development.
J. Anim. Sci., 22 (4), 1093-1096.

5. - BILLON J., 1982. - Compte rendu des journées d'étude sur la valorisation des sous-produits et des déchets des industries agro-alimentaires et agricoles. Lyon, 20-21 sept. 1982.
R.T.V.A., 21 (182), 61-66.

6. - BLEZAT, BERNY, 1978. - Valorisation du Sang. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie. Direction de la Prévention des Pollutions et des Nuisances - Paris.

7. - C.E.T.E.V.I.C., 1982. - Valoriser le sang : Pourquoi, comment ?
Centre Technique de la Viande et des Produits Carnés. 70, boulevard Malesherbes - 75008 Paris. Mars 1982, p. 78.

8. - COSER A.M.L., JOKL L., VIEIRA E.C., 1979. - Effects of temperature of processing and of isoleucine fortification on the nutritive value of blood meal.
Nutr. Abstr. Rev., 49 (1), Abstr. n° 109, p. 10.

9. - Cours de Bromatologie, Tome II : Les concentrés, 1982.
WOLTER R., PARAGON B.M., GRANDJEAN D. : E.N.V. Alfort.
FROMAGEOT D., N'GUYEN P., DUMON H. : E.N.V. Nantes.

10. - CUPERLOVIC M., MILIVOJEVIC M., HRISTIC V., 1978. - Premix of blood and bran as basic source of protein for fattening pigs.
Nutr. Abstr. Rev., 48 (9), Abstr. n° 3796, p. 455

11. - DAVID M., 1979. - Politique de lutte contre les pollutions industrielles.
R.T.V.A., 18 (146), 23.

12. - DEHAUMONT P., 1983. - Problèmes posés par la valorisation du sang d'abattoir.
Thèse Doct. Vét., Alfort.

13. - DELAUNEY J., 1979. - Techniques de traitement du sang - Coûts de ramassage.
R.T.V.A., 18 (147), 10-18.

14. - Feedstuffs, 1983, 55, 30 (July 21).

15. - FERRANDO R., DRIEUX H., 1962. - La viande et les sous-produits d'abattoir : les farines de viande et de sang. Vigot Frères, Paris, 96 p.

16. - FISHER H., 1968. - The amino-acid deficiencies of blood meal for chicks.
Poultry Sci., 47, 1478-1481.

17. - FITZPATRICK D.W., BAYLEY H.S., 1977. - Evaluation of blood meal as a protein source for young pigs.
J. Anim. Sci., 1977, 57 (4), 745-750.

17 bis. - G.E.R.N.A., 1972. - Tables d'Analyses des Aliments pour Animaux.
41 bis, boulevard de Latour-Maubourg - Paris 7e. 115 p.

18. - GALAL A.G., BAKER D.H., NORTON H.W., BECKER D.E., 1977. - Improvement of typical Egyptian broiler diets by addition of either lysine or methionine or blood meal.
Poultry Sci., 56, 698-700.

19. - GRAU C.R., ALMQUIST H.J., 1944. - Beef blood proteins in chicks diets.
Poultry Sci., 23, 486-490.

20. - HAMM D., SEARCY G.K., 1976. - Some factors which affect the availability of lysine in blood meals.
Poultry Sci., 55, 582-587.

21. - HASSAN O.E.M., MUKHTAR A.M.S., NASIR M.E.A., 1974. - The use of blood meal in tropical broiler diets.
Trop. Anim. Hlth Prod., 6, 179-182.

22. - HENRY Y., BERNARD M., GUILLAUME J., JESTIN L., PERETZ L.M., PION R., POLACKSEK M., ROUSSET M., 1979. - La production de protéines par les céréales en France et leur contribution à la couverture des besoins azotés des porcs et des volailles.
Bull. Tech. Inform., 340, 237-247. Ministère de l'Agriculture (Paris).

23. - KING R.H., CAMPBELL R.G., 1978. - Blood meal as a source of protein for grower/finisher pigs.
Anim. Feed Sci. Technol., 3, 191-200.

24. - KLOPFENSTEIN T., 1981. - Animal proteins fed as rumen bypass proteins.
Feedstuffs, 53, July 20, 23-24.

25. - KRAMER S.L., WAIBEL P.E., BEHRENDS B.R., KANDELGY S.M., 1978. - Amino-acids in commercially-produced blood meals.
J. Agr. Food Chem., 26, 979-981.

26. - KRATZER F.H., GREEN N., 1957. - The availability of lysine in blood meal for chicks and poults.
Poultry Sci., 36, 562-565.

27. - LE HASIF, ROBERT, BELMON, GANEVET, 1970. - Le traitement des sous-produits animaux (Vol. II et IV). Bureau pour le Développement de la Production Agricole (B.D.P.A.). Ministère de l'Agriculture.

28. - LOERCH S.C., BERGER L.L., 1981. - Feedlot performance of steers and lambs fed blood meal, meat and bone meal, dehydrated alfalfa and soybean meal as supplemental protein sources.
J. Anim. Sci., 53 (5), 1198-1203.

29. - MEISSONNIER E., 1970. - Les aliments protidiques d'origine animale dans la ration des volailles.
Thèse Doct. Vét., Lyon.

30. - MENASSA S., 1982. - Les farines de plumes, leur valeur nutritionnelle en relation avec les traitements physico-chimiques et enzymatiques. Aspects de leur valorisation en tant que protéines de substitution en alimentation animale.
Thèse Doct. Vét., Toulouse.

31. - MILLER E.R., 1977. - Formulating swine, poultry rations using flash dried blood meal.
Feedstuffs, 49, April 18, 22-23.

32. - MILLER E.R., PARSONS M.J., 1981. - Flash dried blood meal as an ingredient for pig diets.
Pig News Inform., 2 (4), 407-409.

33. - MILLER E.R., PARSONS M.P., KU P.K., BERGEN W.G., ULLREY D.E., 1976. - Bioavailability of lysine in ring process dried cattle blood vs. swine blood.
J. Anim. Sci., 42 (5), Abstr. n° 74, p. 1356.

34. - MILLER E.R., PARSONS M.P., ROMSØS D.R., ULLREY D.E., 1976. - Use of ring process dried swine blood in swine starter, grower and finisher rations.
J. Anim. Sci., 42 (5), Abstr. n° 73, p. 1356.

35. - Ministère de l'Agriculture - Direction de la Qualité, 1980. - Rapport général d'activité des services vétérinaires.

36. - MORRISON F.B., 1959. - Feeds and Feeding (22nd Ed.), The Morrison Publish. Co., Clinton, Iowa, p. 1165.

37. - OGUN S., 1971. - Anwendung eines spezifischen Kühentests auf die biologische Bewertung des Lysins insbesondere bei Federmehl und Blutmehl. Hohe landwirtschaftliche Fak der Rheinischen Friedrich. Wilhelms Univ. zu Bonn, 86 p.

38. - PARSONS M.J., MILLER E.R., BERGEN W.C., KU P.K., GREEN F., ULLREY D.E., 1975. - Bioavailability of lysine in blood meal for swine.
J. Anim. Sci., 41 ( ), Abstr. n° 317, p. 325

39. - PARSONS M.J., MILLER E.R., BEBIAK D.M., HILL G.M., 1979. - The effect of incorporating 5 % flash ring dried blood meal and 5 % tallow into starter, grower, and finisher diets.
J. Anim. Sci., 49, Suppl. I, Abstr. n° 35, p. 91

40. - PETILLOT F., 1979. - Le sang sous-produit polluant valorisable. R.T.V.A., 18 (146), 25-26.

41. - PICCIONI M., 1965. - Dictionnaire des Aliments pour Animaux. La Maison Rustique, Paris, pp. 488-492.

42. - POMA J.P., 1981. - Valoriser le sang : pourquoi, comment ? Viandes et Produits Carnés, 2 (3), 17-25.

43. - POMA J.P., 1981. - Le séchage dans les industries de la viande. Viandes et Produits Carnés, 2 (8), 28-36.

44. - POMA J.P., 1983. - La déshydratation sur cylindre : une solution au traitement du sang. Viandes et Produits Carnés, 4 (2), 81-83.

44 bis. - PROTECTOR S.A., 1980. - Tables de composition des matières premières destinées à l'alimentation animale.
Tome 1 : Valeurs chimiques.
Tome 2 : Valeurs énergétiques.
222, rue de Birmingham - 1070 Bruxelles (Belgique).

45. - RANKEN M.D., 1977. - Food ingredients from animal blood. Chem. Indus., 12, 498-500.

46. - RERAT A., HENRY Y., BOURDON D., 1975. - Valeur nutritive de la farine de sang en remplacement du tourteau de soja dans les régimes du porc en croissance finition. Journées de la Recherche Porcine en France, I.T.P., pp. 45-52.

47. - ROLLET, CERLES, 1980. - Récolte, prétraitement et stockage du sang à l'abattoir. C.T.G.R.E.F., Groupement de Clermont-Ferrand (oct. 1980).

48. - ROSNER G. - Opération Rhône-Alpes de valorisation des sous-produits de l'agro-alimentaire par l'alimentation animale.
Premier rapport : 1er déc. 1979 - 30 nov. 1980
Deuxième rapport : 1er déc. 1980 - 31 mars 1982.

49. - ROUSSET J., 1982. - Utilisation du sang d'abattoir en alimentation porcine : résultats d'essais effectués avec du sang conservé par l'éthylène diamine tétra acétate disodique (EDTA - procédé Valori 5). Thèse Doct. Vét., Lyon.

50. - SANTI E., AMERIO M., 1976. - Sulla stima del valore alimentare di alcune proteine.
An. Fac. Agr. Univ. Cattol. Sacro. Cuore Milano, 16 (1-2), 179-188.

51. - Scientific Newsletter - National Renderers Association Inc., N.R.A. Inc., 15-21 rue Archimède, B.P. 16, 1040 Bruxelles (Belgique). La farine de sang : une excellente protéine "By-Pass". Mai-Juin 1979.

52. - SQUIBB R.L., BRAHAM J.E., 1955. - Blood meal as a lysine supplement to all vegetable protein rations for chicks.
Poultry Sci., 34, 1050.

53. - STOCK R., MERCHEN N., KLOPFENSTEIN T., POOS M., 1981. - Feeding value of slowly degraded proteins.
J. Anim. Sci., 53 (4), 1109-1119.

54. - TESSIER J.P., LOUVEAU V., 1981. - Valorisation de sous-produits animaux d'abattage dans les fondoirs et les ateliers d'équarrissage. Aspects énergétiques. Etude C.E.M.A.G.R.E.F. - E.D.F., août 1981, p. 52.
EDF, Electricité de France, SEPAC, Service d'Etude et de Promotion de l'Action Commerciale, Paris.

55. - TESSIER J.P., LOUVEAU V., 1979. - Application de l'ultrafiltration et de l'osmose inverse à la valorisation du sang de boeuf et de ses dérivés.
Académie d'Agriculture Française, déc. 1979, pp. 1533-1555.

56. - VELLAUD J.P., 1982. - L'importance du gisement des sous-produits des industries de la viande et filière de valorisation.
R.T.V.A., 21 (183), 14-17.

57. - VIROBEN G., DELORT-LAVAL J., 1976. - Mieux connaître les sous-produits de la viande pour l'alimentation animale.
Indus. Alim. Anim., n° 2, 13-29 et n° 3, 11-21.

58. - VOGT H., TORGES H.G., STUTE K., 1975. - Federmehl und Blutmehl im Legehennenfutter.
Arch. Geflügelk., 39 (2), 44-47.

59. - WAHLSTROM R.C., LIBAL G.W., 1977. - Dried blood meal, as a protein source in diet for growing, finishing swine.
J. Anim. Sci., 44, 778-783.

60. - WAIBEL P.E., 1974. - Protein quality of blood meal.
National Provisionner, 28/9/1974.

61. - WAIBEL P.E., CUPERLOVIC M., HURREL R., CARPENTER K.J., 1977. - Processing damage to lysine and other amino acids in the manufacture of blood meal.
J. Agr. Food Chem., 25, 171-175.

62. - WALKER N., 1977. - The composition of processed abattoir blood and its use in finishing pig diets.
Anim. Feed Sci. Technol., 2, 21-30.

63. - WALKER N., 1977. - Treatment of the haem fraction of abattoir blood with formic acid to produce a solid state, low dry matter protein supplement for use in finishing pig diets.
Anim. Feed Sci. Technol., 2, 367-375.

64. - WINTER A.R.C., 1929. - Ohio Agric. Exp. Sta. Bull., 436
*In* KRAMER (25).